Untersuchungen

über die Eignung verschiedener Stahldrahtsorten bei Verwendung in Sieben für Koks-, Erz- und Steinaufbereitungen.

Von der
Technischen Hochschule zu Breslau
zur
Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte
Dissertation

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Erhard Körner
aus Waldenburg i. Schles.

Referent:
Professor E. Diepschlag

Korreferent:
Professor Dr.-Ing. W. Groß

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Juli 1932.

Waldenburg i. Schles.
Verlag von Otto Hilligers Buchdruckerei
1932.

Untersuchungen

über die Eignung verschiedener Stahldrahtsorten bei Verwendung in Sieben für Koks-, Erz- und Steinaufbereitungen.

Von der
Technischen Hochschule zu Breslau
zur
Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte
Dissertation

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Erhard Körner
aus Waldenburg i. Schles.

Referent:
Professor E. Diepschlag

Korreferent:
Professor Dr.-Ing. W. Groß

Tag der mündlichen Prüfung: 22. Juli 1932.

Waldenburg i. Schles.
Verlag von Otto Hilligers Buchdruckerei
1932.

Lebenslauf.

Am 7. April 1899 wurde ich als Sohn des Fabrikbesitzers Paul Körner zu Waldenburg i. Schl. geboren. Dort besuchte ich die städtische Realschule und später die Oberrealschule zu Delitzsch, Bez. Halle a. S. Nach einer zweijährigen Lehrzeit in den Betrieben meines Vaters trat ich 1917 in den Heeresdienst ein. Nach meiner Entlassung im Jahre 1919 war ich 1 Jahr in der Betriebs- und Geschäftsleitung des väterlichen Unternehmens tätig. 1921 erhielt ich nach einjähriger Teilnahme an einem Sonderlehrgang für Kriegsteilnehmer an der Oberrealschule zu Freiburg i. Schl. das Zeugnis der Reife. Im Wintersemester desselben Jahres begann ich das Studium der Eisenhüttenkunde an der Technischen Hochschule zu Breslau, an der ich 1925 meine Diplom-Vorprüfung bestand. 1928 bestand ich als Eisenhütteningenieur daselbst die Diplom-Hauptprüfung. Bis 1929 arbeitete ich wieder in der Betriebsleitung meines Vaters. Von dieser Zeit an war ich mit der Anfertigung vorliegender Arbeit und mit Versuchen auf verwandten Gebieten am Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule Breslau und in verschiedenen Betrieben der Praxis beschäftigt.

An dieser Stelle sei besonders Herrn Professor E. Diepschlag, Breslau und meinem Vater, welche die Anregung zur Anfertigung dieser Arbeit gaben, den Werken, die die Versuchswerkstoffe zur Verfügung stellten, sowie den Siebereien, die durch ihre entgegenkommende Unterstützung die Durchführung der Arbeit ermöglichten, verbindlichst gedankt.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549812_0072

Inhaltsverzeichnis.

I. Zweck der Arbeit.
   a) Fragen der Praxis,
   b) Grundlagen des Verschleißvorganges,
   c) Anwendbarkeit bekannter Verschleißprüfverfahren.

II. Abnutzungsversuche.
   a) Durchführung der Versuche,
   b) Versuchsergebnisse,
      1. Beschreibung der Darstellung,
      2. Reihenfolge der Werkstoffeignung,
      3. Einfluß der Betriebsweise und der Verschiedenheit des Aufgabegutes,
      4. Beziehungen zwischen Verschleiß, Festigkeit und Zusammensetzung der Werkstoffe.

III. Folgerungen für die Praxis.

IV. Zusammenfassung.

I. Zweck der Arbeit.

a) Fragen der Praxis.

Vorliegende Arbeit wurde dem Wunsche der Praxis entsprechend angefertigt, einen für Aufbereitungs-Siebe besonders geeigneten Werkstoff aus der Menge der bekannten, verschiedenen Drahtsorten zu finden. In dieser Richtung sind schon viele Versuche mit mehr oder weniger Erfolg unternommen worden, worüber aber leider keinerlei Veröffentlichungen erschienen sind, die für eine Forschung auf diesem Gebiet verwertet werden könnten. Auf Grund von Rundfragen bei einigen Werken wurde festgestellt, daß die Ergebnisse solcher Versuche Verschiedenheiten aufwiesen, die Schlüsse auf die Eignung bestimmter Drahtsorten unmöglich machten.

Durch den Wettbewerb der Blechindustrie wurden kurz vor dem Weltkrieg besonders die Drahtsiebe mit größeren Maschenweiten aus den Aufbereitungen verdrängt. Der Vorteil der Drahtsiebe gegenüber den gelochten Blechen besteht jedoch darin, daß Drahtsiebe eine bedeutend günstigere spezifische Durchsatzfläche, ein geringeres Gewicht und eine nicht völlig glatte Oberfläche haben. Diese Erkenntnis hat an vielen Stellen den Drahtsieben die alte Stellung wieder eingeräumt. Mithin ist das Interesse an geeigneten Drahtsorten gestiegen. Dazu kommt, daß bei der Einführung der Vibratoren und Resonanzschwingsiebe in die Aufbereitungstechnik die Auswahl von besonders brauchbaren Werkstoffen, welche den dort auftretenden hohen Beanspruchungen gewachsen sind, auf große Schwierigkeiten stößt. Die Erörterung dieser letztgenannten Fragen ist zunächst hier nicht in Betracht gezogen. Darüber angestellte Untersuchungen werden an anderer Stelle veröffentlicht.

In der Praxis herrscht heute noch völlige Unklarheit darüber, worauf das verschiedenartige Verhalten der Siebe in Bezug auf ihren Verschleiß in den Aufbereitungen zurückzuführen ist. Die Betriebsleute der Siebereien neigen naturgemäß zu der Annahme, daß der Grund dafür einzig und allein in der Beschaffenheit des Werkstoffes zu suchen ist. Sie führen diese Eignungsunterschiede der Werkstoffe auf ihre chemische Zusammensetzung und, besonders in neuerer Zeit, auf ihren Gefügeaufbau zurück. Die Werkstoffhersteller ihrerseits versuchen den Aufbereitungsbetrieb für diese Erscheinungen verantwortlich zu machen. Endgültig liegt die Ursache dieser Meinungsverschiedenheiten in dem häufig auftretenden Befund eines ungleichmäßigen Verschleißes. Normalerweise wird nach Beobachtungen der Praxis die Zerstörung eines Aufbereitungssiebes durch Abrieb und Korrosion hervorgerufen, deren verschiedene Arten im folgenden erörtert werden sollen, soweit sie für das in Frage kommende Gebiet von Interesse sind.

b) Grundlagen des Verschleißvorganges.

Die bei sämtlichen Verschleißvorgängen von außen auf den Werkstoff wirkenden Kräfte können in 2 Komponenten zerlegt werden, deren eine als Druckkraft P senkrecht zur Unterlage und die andere als Schubkraft S senkrecht zur Kraft P zu denken ist. Stellt man sich einen ideal spröden (unelastischen) Körper vor (näherungsweise als Beispiel Glas), so würde P immer den Höchstwert des Verschleißes und S den geringsten Verschleiß bewirken. Bei einem ideal elastischen Körper (näherungsweise als Beispiel Gummi), lägen die Verhältnisse gerade umgekehrt, d. h. P würde den kleinsten, und S den größten Verschleiß hervorrufen. Diese gegensätzliche Wirkungsweise beim ideal spröden Körper und beim ideal elastischen Körper macht die Verhältnisse bei den Untersuchungen über die Verschleißfestigkeit verwickelt.

Im Verlauf der Entwicklung der Aufbereitungstechnik in den letzten Jahren ist man beispielsweise auf Grund praktischer Bewährung trotz des hohen Preises auf Transportbänder aus Gummi gekommen, in Fällen, in denen man früher vielfach Bänder aus Stahl bezw. Drahtgeflecht verwandte. Stellt man sich vor, das S infolge der unbeweglichen Lage des Gutes auf dem Transportband gleich Null ist, daß dagegen P besonders an den Aufgabestellen mitunter recht beträchtliche Größen annehmen kann, so ist das praktische Ergebnis mit oben aufgestellter Theorie in Einklang zu bringen. Neuerdings hat man versucht, die Rutschen in Siebereien, die größtenteils aus Manganhartstahlblechen angefertigt wurden, aus Glas bezw. Porzellan herzustellen. Rein theoretisch wäre dieses nach den vorangegangenen Ueberlegungen Erfolg versprechend, da das Gut auf diesen Rutschen infolge geringen Eigengewichtes und ebensolcher Schütthöhe eine geringe Kraft P, dagegen eine große Kraft S auf seine Unterlage ausübt. Dieser Gedanke wäre an sich richtig, wenn nicht der Umstand dazu käme, daß besonders in den Krümmungen der Rutschen, und dort besonders wieder an den äußeren Seitenwänden, die lebendige Kraft des herabrutschenden Gutes ein zu großes P auf den ihm Richtung gebenden Flächen verursachen würde, so daß diese vorzeitig abgenutzt würden. Auch dieser Fall kann zur Erhellung der bereits erwähnten Theorie herangezogen werden.

Um die Größe der Schwierigkeiten ermessen zu können, die bei der Lösung der Fragen dieses Verschleißes zu überwinden sind, ist folgendes zu bedenken. Man hat es nicht mit idealen Körpern zu tun, sondern die Eigenschaften der Sprödigkeit und der Elastizität überlagern sich in der mannigfachsten Art und Weise und können Aenderungen unterworfen sein, zum Beispiel durch Einwirkungen von Verfestigung und Alterung. Die verschiedenen Bestimmungsmethoden der statischen und dynamischen Eigenschaften der Werkstoffe sind größtenteils relativer Natur, deren Ergebnisse wieder durch die Verschiedenheiten ihres Kristallaufbaues sowie der Verhältnisse bei der Herstellung des Werkstoffes bedingt sind. Sie können also bei der Aufstellung einer Verschleißtheorie nicht als bekannte Größen vorausgesetzt werden. Schließlich verändern sich die mechanisch wirkenden Kräfte bei den Verschleißvorgängen derart, daß es kaum möglich sein dürfte, bei in der Praxis vorkommenden Fällen die Größe der Komponenten P und S genügend genau zu bestimmen.

Ein Erfolg versprechender Weg der Lösung dieser Fragen in der modernen Metallkunde ist noch nicht mög-

lich, da die Verhältnisse des Kristallzustandes und des inneren Kraftausgleiches während und nach der Beanspruchung heute noch nicht genügend geklärt sind. Schließlich ist das Gebiet der Rekristallisation in logischer Verbindung mit der Verfestigung insofern zu erwähnen, als bei der Herstellung von Drähten diese Vorgänge eine bedeutende Rolle spielen, denn die Kristallgröße dürfte besonders bei kleineren Querschnitten der Drähte für die Festigkeitseigenschaften derselben ausschlaggebend sein.

Die Lösung der gestellten Fragen von der hier erörterten Seite aus erscheint nicht aussichtsreich. Der nächste Gedanke wäre also, mit den heute bekannten Verschleißprüfverfahren eine Klärung zu versuchen.

c) Anwendbarkeit bekannter Verschleißprüfverfahren.

Schon seit vielen Jahren baut man Versuchseinrichtungen, in denen die Werkstoffe möglichst den in der Praxis vorkommenden Beanspruchungen unterworfen werden. Hierbei ist es gelungen, Relativwerte der Verschleißfestigkeit festzulegen, was bei der Annahme, daß die Beanspruchungsverhältnisse bei einer solchen Verschleißprüfmaschine gleichbleibender Natur sind, einleuchtet. Versucht man aber diese Untersuchungen auf die Ergebnisse der Praxis zu übertragen, so kann man in den meisten Fällen keine Uebereinstimmung mit den oben erwähnten Werten finden.[1]) Vergleichsversuche, die man mit gleichen Werkstoffen auf Prüfmaschinen verschiedener Bauarten anstellte, waren ebenfalls miteinander nicht eindeutig in Einklang zu bringen.[2])

Die Arbeiten von Sellergren[3]), Breuil u. Robin[4]), Gary Bauschinger, Roseval u. Royers[5]), Honda u. Yamada[6]) und Sachs[7]) befassen sich ausschließlich mit den Fragen der gleitenden Reibung. Die Forscher ließen bei ihren Versuchen die Werkstoffproben auf einer sich horizontal drehenden Scheibe unter bestimmtem Druck laufen. Voraussetzung für die Erzielung brauchbarer Werte war bei diesen Versuchen genaueste Beachtung der Gleichmäßigkeit der Versuchsbedingungen sowie des zu untersuchenden Werkstoffs. Für sämtliche Stoffe konnte indessen keine eindeutige Gesetzmäßigkeit festgestellt werden.

Brinell[8]) untersuchte besonders die Einflüsse der chemischen Zusammensetzungen und der Kristallgröße der Werkstoffe in Bezug auf ihren Verschleißwiderstand. Seine Ergebnisse sowie diejenigen von Klingenstein[9]) stehen im Widerspruch zu denjenigen von Dudley[10]) und Stadeler [11]). Brinell stellte bei manchen Werkstoffen große Ungleichmäßigkeit im Verschleiß fest, deren Ursache nicht erklärt werden konnte.

Auch die Untersuchungen von Stanton[12]), Saniter[13]) und Meyer u. Nehl[14]) auf der Amslermaschine und diejenigen von Bottone[15]), Spindel[16]) und Schulz u. Lange[17]) auf der MAN-Maschine für rollende Reibung vermögen keine eindeutige Klärung in diesen Fragen zu bringen.

In neuerer Zeit wurden Versuche über gleitende Reibung, besonders in Bezug auf Verschleißprüfungen von Eisenbahnschienen und Rädern auf der Spindelmaschine Bauart MAN angestellt. Es ist auffallend, daß bei diesen Versuchen mit rollender Reibung eine gewisse Abhängigkeit der Verschleißfestigkeit von der Größe der Druckkraft festzustellen ist. Weiterhin war eine deutliche Verfestigung der Werkstoffe an der Oberfläche zu beobachten, die ein allmähliches Abblättern dünner Schichten zur Folge hatte.[18]) Allgemein gültige Beziehungen zwischen der Verschleißfestigkeit und der Bearbeitbarkeit des Werkstoffes konnten indessen ebenfalls nicht gefunden werden.

Dormus[19]) berichtet über einen maßgebenden Nachteil dieser Versuche, der leicht einleuchtet und darin besteht, daß bei größeren Drücken starke Beschädigungen der Lauffläche durch abgenutzte Teilchen, die auf ihr festgewalzt werden, entstehen, wodurch die Ergebnisse ungünstig beeinflußt werden.

Die Versuche von Stanton[20]) mit dem verbesserten Saniterapparat befassen sich mit der Klärung der Vorgänge bei rollender, zusätzlich gleitender Reibung. Hierbei wird ebenso wie es bei der Amslermaschine[14]) und der Prüfmaschine von Mohr u. Federhaff[21]) möglich ist, durch Aenderung der Umdrehungszahl, bezw. durch Abbremsen der getriebenen Scheiben, ein beliebiger Schlupf erzeugt. Bei diesen Versuchen lagen die Verhältnisse noch verwickelter.

Ethridge[22]) beschreibt eine Maschine zur Untersuchung des Verschleißwiderstandes von Gewebestoffen, die sich allerdings für die Prüfung von Drahtgeweben in den hier verwendeten Abmessungen nicht eignen dürfte.

Bei der Auswahl der vorgenannten Prüfmaschinen müsste beispielsweise auch daran gedacht werden, daß eine Oxydation der beanspruchten Flächen eintreten kann. So hat Fink[23]) festgestellt, daß in sauerstoffreier Gasatmosphäre die Verschleißwerte bis auf etwa $^1/_3$ herabsanken. Fink nimmt an, daß bei normalem Abnutzungversuch in Luft nicht der wirkliche Reibungswert ermittelt, sondern derselbe durch Auftreten von Oxydationsstoffen zwischen den reibenden Metallen erhöht wird. Eine Bestätigung findet diese Annahme in den Ergebnissen der Versuche von Nußbaumer[24]) und Guillet[25]) auf der Derrihon'schen und Jamin'schen Prüfmaschine bei gleitender Reibung unter Verwendung von Oel als Schmiermittel. Mit Stahlproben ergaben diese Versuche keine vergleichbaren Werte. Dagegen zeigten die Untersuchungen mit Bronce- und Lagermetallen brauchbare Ergebnisse.

Von Fink angestellte Versuche auf der Spindelmaschine mit gleitender Reibung zeigen rein metallische Verschleißspäne, während diese bei Versuchen mit der Amslermaschine bei rollender Reibung oxydischer Natur sind.

Bei neueren Versuchen an Gußeisensorten verschiedenen Nickelgehaltes stellen Piwowarsky u. Nipper[26]) fest, daß bei Untersuchungen auf der Spindelmaschine kein Einfluß des Nickels auftritt, wogegen dieselben Versuche auf der Amslermaschine eine deutliche Ueberlegenheit des Nickelgußeisens nachzuweisen scheinen. Dieser Vorgang ist unter Berücksichtigung der Finkschen Feststellung erklärlich. Er berechtigt zu der Annahme, daß bei dem Verschleißvorgang auf der Amslermaschine, bei welchem sich oxydische Verschleißspäne bilden, der Nickelgehalt der fortschreitenden Oxydation und somit dem Verschleiß entgegen wirkt.

Aus dem Vorhergesagten ist zusammenfassend zu entnehmen, daß es bis jetzt nicht gelungen ist, mit Hilfe von Verschleißprüfmaschinen verschiedenster Art die wirklichen Vorgänge beim Verschleiß zu erforschen und irgendwelche allgemein gültigen Beziehungen zwischen den statischen Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe und ihren Verschleißfestigkeitseigenschaften festzustellen. Der tiefere Grund hierfür dürfte, wie schon erwähnt, in den noch heute ungeklärten Fragen des Verhaltens der mannigfachen Faktoren zu suchen sein, die bei dem Verschleißvorgang zu beachten sind.

Demnach erschien es wenig aussichtsreich, eine ähnliche Versuchsanordnung für die beabsichtigten Untersuchungen auszubauen, zumal letzten Endes die Frage offen geblieben wäre, ob man die gefundenen Werte nun auch für die Verhältnisse in der Praxis hätte anwenden können. Es blieb auch zu bedenken, ob eine Reihe der erwähnten Prüfmaschinen für die Untersuchung der Drähte geringer Querschnitte überhaupt geeignet ist, da ihr Anwendungsgebiet sich bisher vornehmlich auf die Prüfung größerer Probestücke erstreckte.

Es wurde deshalb nach dem Vorbild der Werkstoffprüfungsstellen der Weg des Groß-Versuchs beschritten.

Eine Reihe verschiedener Werkstoffe wurde unter gleichen Bedingungen in die Siebereien von Aufbereitungsanlagen eingebaut und völlig gleichartig beansprucht, um aus den praktisch sich ergebenden Verschleißfestigkeitswerten Schlüsse auf die Vorgänge beim Verschleiß ziehen zu können.

II. Abnutzungsversuche.

a) Durchführung der Versuche.

Zum Bau der Siebe wurde von einer Anzahl von Werken, die mit Rücksicht auf ihre kaufmännischen Interessen nicht besonders genannt werden, eine Reihe von verschiedenen handelsüblichen Drahtsorten in 6, 3 und 1 mm Stärke zur Verfügung gestellt, die zu Sieben verarbeitet und in Koks-, Stein- und Erzaufbereitungsanlagen eingebaut wurden.

Die Zusammenstellung der Werkstoffe mit Angabe ihrer Handelsbezeichnung, chemischen Zusammensetzung und ihrer Festigkeitszahlen ist aus Zahlentafel 1 ersichtlich. Ueber das Herstellungsverfahren der Drähte, bezw. ihre Vorbehandlung, kann nichts Näheres angegeben werden, da die Lieferwerke aus naheliegenden Gründen darüber keine Mitteilungen machten.

Da die Arbeitsbedingungen in den Siebereien für die Genauigkeit der Untersuchungen zu verschiedenartig sind, so war es erforderlich, sämtliche Werkstoffe gemeinsam in ein Sieb einzubauen. Ferner lassen es ungleichmäßige Siebbelastung sowie verschiedene Beschaffenheit des Durchsatzgutes in Bezug auf Stückigkeit, Härte und Feuchtigkeitsgehalt nicht zu, die Werkstoffe in gesonderten Sieben und zeitlich nacheinander zu untersuchen, ohne daß dabei die Beanspruchung der Siebe derart unterschiedlich wird, daß vergleichende Versuche in praktischen Betrieben unmöglich werden. Versuche auf Plansieben gaben sehr streuende Werte, da das Gut ungleichmäßig verteilt über die gesamte Breite des Siebes ging und dessen Belastung beim Transport durch Aenderung der Schütthöhe und Stückigkeit großen Schwankungen unterworfen war. Aus diesen Gründen wurden die Versuche fast ausschließlich in Trommelsieben angestellt, und zwar wurden als Versuchsdrähte die Längsdrähte, also die parallel zur Trommelachse verlaufenden Drähte, gewählt. Letztere Auswahl mußte getroffen werden, da die Querdrähte der Siebe, wie aus den Versuchen ersichtlich ist, in Bezug auf ihre Beanspruchung großen Schwankungen im Betriebe unterworfen sind. Die Anordnung der Drähte jedes einzelnen Versuchssiebes geht aus dem entsprechenden Verschleißschema, das später näher erklärt wird, deutlich hervor. Auf diese Art war eine gleichmäßige Belastung sämtlicher Versuchsdrähte insofern gesichert, als durch die Drehung der Trommel das Durchsatzgut gleichmäßig auf alle Drähte verteilt wurde, so daß die oben angeführten Unregelmäßigkeiten im Betriebe sich auf alle Versuchsdrähte übertrugen.

Die bei den Versuchen zu klärenden Fragen sind folgende:

1. Ist es möglich, eine eindeutige Reihenfolge der Versuchswerkstoffe in Bezug auf ihre Eignung gegenüber den Verschleißvorgängen in Siebereien festzulegen?
2. Welches sind die Ursachen für den unterschiedlichen Verschleiß derselben Werkstoffe?
   a) Einflüsse infolge verschiedenen Zustandes des Aufgabegutes in Bezug auf Stückigkeit, Festigkeit und Feuchtigkeitsgehalt. Bedeutung des Absiebungsgrades $= \frac{\text{Unterkorn}}{\text{Ueberkorn}}$ und der Korrosion.
   b) Einflüsse infolge verschiedener Betriebsweise und Bauart der Siebereien in Bezug auf Beschickungsart und Menge, Fortbewegungsart, Siebausmaße etc. Bedeutung der spezifischen Siebbelastung.
   c) Einflüsse verschiedener Siebbauarten in Bezug auf die Verschiedenheit der Drahtstärke und Maschenweite.
3. Ist eine Beziehung zwischen den gefundenen Verschleißwerten und den Festigkeitseigenschaften sowie der Zusammensetzung der Drähte zu erkennen?

Um Frage 1 beantworten zu können, wurden vor dem Zusammenbau der Siebe sämtliche Versuchsdrähte einzeln gewogen und gemessen. Nach dem Ausbau wurden die Versuchssiebe sorgfältig zerlegt und die Prüfung der einzelnen Versuchsdrähte wie im Anlieferungszustand vorgenommen. Die Gewichtsfeststellung sämtlicher Drähte erfolgte auf einer Hebelwage mit 1/100 g Genauigkeit. (Bei den 1 mm Drahtsieben wurden immer 10 Drähte gemeinsam gewogen.) Die Drahtlänge wurde an einer Meßleiste mit 1 mm Genauigkeit ermittelt. Die Drahtdurchmesser wurden mit einer Mikrometerschraube mit 1/100 mm Genauigkeit, und zwar an drei Stellen des Versuchsdrahtes, den beiden Enden und der Mitte, gemessen. Jeder Wert bildet das mittlere Ergebnis aus drei Messungen. Um jegliche Verwechslungen auszuschalten, wurden die einzelnen Versuchssiebe sorgfältig gezeichnet und unter genauester Beachtung der Bezeichnung ein- und ausgebaut. Zur Vermeidung von Korrosionsangriff außerhalb der Einbauzeit in den Siebereien wurden die Siebe vor dem Einbau durch trockene Lagerung und wasserdichte Verpackung vor Witterungseinflüssen geschützt und sofort nach dem Ausbau aus den Siebereien stark geölt. Nach dem Zerlegen der Siebe wurden die einzelnen Drähte vor jeder Messung mit Benzin gereinigt und trocken gerieben.

Zur Klärung der Frage 2 wurden zuerst Vorversuche auf Planrättern an verschiedenen Stellen unternommen. Da diese infolge unzweckmäßiger Beschickung zu große Streuungen zeigten, wurden weitere Versuche zur Erforschung der Einflüsse der Beschickungsart und -Menge nach Möglichkeit in verschiedenen Siebschüssen von Trommelsieben angestellt. Hierbei bezogen sich wiederum die Untersuchungen sowohl auf die Längs- als auch auf die Querdrähte der Siebe. Die Versuche ermöglichten weitgehende Beobachtungen bezüglich der Einflüsse der spezifischen Siebbelastungen und des Absiebungsgrades. Danach erschien es zweckmäßig, weitere Versuche nur noch in Trommelsieben, und zwar nur mit den Längsdrähten als Versuchsdrähte, vorzunehmen, da bei diesen der Nachteil größerer Streuungen infolge betrieblicher Beanspruchungsverschiedenheiten am wenigsten in Erscheinung trat. Zur Ermittlung der Einflüsse der spezifischen Siebbelastung und der Stückigkeit der Beschickung wurde, soweit es im Rahmen der Betriebsführung möglich war, die jeweilige Siebbelastung und das Verhältnis von Unterkorn zu Ueberkorn, welches hier mit Absiebungsgrad bezeichnet wird, gemessen. Weiter wurden die Durchmesser der 3 und 6 mm Drähte entsprechend der vorerwähnten Art vor und nach dem Versuch mit der Mikmometerschraube sowohl senkrecht als auch parallel zur Belastungsfläche des Siebes festgestellt.

Schließlich wurden, um ein vollkommenes Bild über die Gleichmäßigkeit des Verschleißes zu bekommen, in dieselbe Trommel Versuchssiebe eingebaut, die, nach verschiedenen Versuchszeiten und Durchsätzen ausgebaut, so die Ermittlung des Verlaufes des Verschleißes einwandfrei gestatteten.

Um die Einflüsse der Festigkeit und des Feuchtigkeitsgehaltes der Beschickung bezw. der Korrosionseinflüsse auf die Siebe kennen zu lernen, wurden die Versuche sowohl in trockenen Koks- und Steinaufbereitungen als auch in einer nassen Zink-Blei-Erzwäsche vorgenommen.

Die Einflüsse der Bauart der Siebe in Bezug auf die Verschiedenheit der Maschenweiten und Drahtstärken,

die möglicherweise infolge spezifischer Oberflächenverhältnisse auftreten konnten, wurden dadurch untersucht, daß zu den Versuchen verschiedene Maschenweiten und Drahtstärken vergleichsweise herangezogen wurden.

Frage 3 konnte schließlich durch Gegenüberstellung der gefundenen Verschleiß- und Festigkeitszahlen sowie der Kohlenstoffgehalte der Werkstoffe beantwortet werden.

Die Durchführung der Versuche geschah in folgenden Betrieben:

In einer Kokssieberei:

Auf Planrättern 3500 × 1170 mm, belegt mit 2 Sieben je 1750 × 1170 mm. 20 mm Maschenweite aus 3 mm starkem Draht. Auf Trommelsieben: (s. Abb. A) belegt mit 14 Uebersieben je 1806 × 1011 × 866 mm. 40 mm Maschenweite aus 6 mm starkem Draht und 14 Verteilersieben, je 1806 × 814 × 654 mm. 60 mm Maschenweite aus 6 mm starkem Draht.

Durchsatz: trocken. Feuchtigkeitsgehalt des Kokses bis 10 Prozent. Umdrehungszahl der Trommeln 10 Umdr./Min.

In einer Steinsieberei:

Auf Trommelsieben (s. Abb. B) belegt mit 4 Uebersieben je 7200 × 980 mm. 3 mm Maschenweite aus 1 mm starkem Draht und 12 Verteilersieben, je 1490 × 1250 mm. 25 mm Maschenweite aus 3 mm starkem Draht.

Durchsatz: trockener Basalt. Umdrehungszahlen der Trommeln 7 Umdr./Min.

In einer Zink-Blei-Erzwäsche:

Auf Trommelsieben (s. Abb. C) belegt mit 4 Sieben, je 1995 × 800 mm. 17 mm Maschenweite aus 3 mm starkem Draht und 4 Sieben, je 1200 × 800 mm. 24 mm Maschenweite aus 3 mm starkem Draht.

Auf Trommelsieben belegt mit 8 Sieben, je 1390 × 800 mm. 3 mm Maschenweite aus 1 mm starkem Draht.

Durchsatz: naß. Analyse des Betriebswassers s. Zahlentafel 5. Umdrehungszahl der Trommeln 10 Umdr./Min.

b) Versuchsergebnisse.

1. Beschreibung der Darstellung.

Die zahlenmäßige Zusammenstellung der Messungen sämtlicher Versuche ist infolge zu großen Umfanges im Rahmen dieser Arbeit nicht veröffentlicht. Sie liegt in der Urschrift beim Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule zu Breslau.

Es sind lediglich 3 verschiedene Darstellungsarten gewählt, die mit genügender Genauigkeit die Ergebnisse sämtlicher Versuche graphisch zeigen.

Die Abbildungen der Verschleißkurven (z. B. Abb. 7) ermöglichen die Beobachtung der Reihenfolge der Werkstoffe betr. ihrer Eignung in Bezug auf den Verschleißwiderstand. Ferner kann man die Einflüsse bezüglich der Verschiedenheit der Siebbauart daraus entnehmen. Schließlich ist der Verlauf des gesamten Verschleißes bei verschiedenen Durchsatzmengen und -Zeiten zu erkennen. Bei dieser Darstellung sind auf den Ordinaten die Gewichtsabnahmen der Werkstoffe in Prozent aufgetragen. Auf den Abszissen wurden die Durchsatzmengen des Aufgabegutes in t verzeichnet. Um die Einflüsse des Absiebungsgrades und der spezifischen Siebbelastung zu erkennen, sind die entsprechenden Werte dafür bei jedem Sieb besonders eingetragen. Die Zahlen an jedem Linienzug bedeuten die Sortennummern der betr. Werkstoffe.

Die Abbildungen der Verschleißschemen (z. B. Abb. 2) ermöglichen die Beobachtung des tatsächlich eingetretenen Verschleißes jedes einzelnen Drahtes sowie des Verlaufes des Verschleißes über die gesamte Siebfläche. Ferner geht aus ihnen, wie schon angegeben, die genaue Siebkonstruktion hervor. Auf den Ordinaten ist bei diesen Abb. ebenso wie bei den vorbeschriebenen die Gewichtsabnahme der Werkstoffe in Prozent aufgetragen, während auf den Abzissen die Versuchsdrähte, so wie sie im Sieb eingebaut waren, fortlaufend nummeriert sind. Die sich ergebenden Kurven sind stark ausgezogen. Die Fortbewegungsrichtung der Beschickung ist durch einen Pfeil auf den Abbildungen angegeben. Bei den Versuchen, die zur Ermittelung des Einflusses des Absiebungsgrades angestellt wurden, sind auf den Ordinaten der Abbildungen noch die Durchmesser der Versuchsdrähte nach dem Versuch sowohl senkrecht als auch parallel der Belastungsfläche des Siebes angegeben und bei jedem Draht auf der Abszisse an 3 Stellen, den beiden Enden und der Drahtmitte, eingezeichnet. Für die Darstellung der Durchmesser senkrecht zur Siebfläche ist eine dünnausgezogene Linie gewählt, während die Durchmesser in der Ebene der Siebfläche als gestrichelte Linien eingezeichnet sind. Erstere Durchmesser werden hauptsächlich durch das Ueberkorn beeinflußt, weshalb sie der Einfachheit und Deutlichkeit halber in Zukunft nur als Durchmesserkurven des Ueberkorns bezeichnet werden. Die Durchmesser der Drähte in der Ebene der Siebfläche werden entsprechend mit Durchmesser des Unterkorns benannt. Man hat sich also bei der Betrachtung der Abb. der Verschleißschemen, die einzelnen Versuchsdrähte in ihrer Länge, von der Abszisse beginnend, nach oben verlaufnd, nebeneinanderliegend zu denken.

Der Vorteil dieser Darstellung besteht darin, daß sie eine genaue Beobachtung der Verschleißvorgänge ermöglicht, wie sie tatsächlich eingetreten sind. Dies ist zur Feststellung der Zusammenhänge zwischen Betriebsführung und Verschleiß notwendig.

Die Dritte Darstellungsart sind die Abbildungen der Beziehung zwischen Festigkeit, bezw. Werkstoffzusammensetzung und Verschleiß (z. B. Abb. 20). Sie zeigen, wie es die Benennung besagt, den Verlauf der Verschleißkurven in Beziehung zu der statistischen Festigkeit, bezw. der chemischen Zusammensetzung der entsprechenden Werkstoffe. Auf den Ordinaten sind wieder die Werkstoffgewichtsabnahmen in Prozent aufgetragen. Die Abszissen zeigen die Zugfestigkeit der Werkstoffe in kg/mm², bezw. den Kohlenstoffgehalt derselben in Prozent steigend an. Die auf den Abszissen eingetragenen Werte einer Drahtsorte bilden die Mittelwerte von sämtlichen Drähten derselben Art in einer Trommel, bezw. in einem Sieb.

2. Reihenfolge der Werkstoffeignung.

Bei sämtlichen Versuchen mit 6 u. 3 mm starken Drähten ergab sich die Reihenfolge der Werkstoffeignung eindeutig. Die in den Abbildungen auftretenden Abweichungen innerhalb der einzelnen Werkstoffgruppen können durch Einflüsse der Betriebsweise oder anderer äußerer Einwirkungen erklärt werden. Die Versuche mit den 1 mm starken Drähten in 3 mm Maschensieben ergaben im allgemeinen unbrauchbare Werte für die Feststellung der Reihenfolge der Eignung, da infolge der Sprödigkeit einiger Drahtsorten es sich nicht vermeiden ließ, daß verschiedentlich Enden der Drähte abbrachen, so daß trotz der großen Zahl von Kontrollversuchen und größter Aufmerksamkeit kein eindeutiges Bild gewonnen werden konnte. Es ist nicht auf die Veröffentlichung dieser Ergebnisse verzichtet worden, da sie erwähnenswerte Feststellungen in betrieblicher Hinsicht gestatteten.

Abbildung 7 zeigt die Verschleißkurven sämtlicher in der Kokssieberei angestellten Versuche. Es ist deutlich zu ersehen, daß bei allen Sieben mit 6 mm starken Drähten Werkstoff 11 bei verschiedenen Maschenweiten weitaus den größten Verschleißwiderstand aufwies. Leider konnte dieser Werkstoff in anderen Siebereien nicht eingebaut werden, da er nur in 6 mm Stärke zu beschaffen war.

Sowohl bei den 60 und 40 mm Trommelsieben als auch bei den 20 mm Rättersieben, also sowohl bei 6 als auch 3 mm starken Drähten, kommen in der Reihenfolge Eignung nun Werkstoff 2, 1, 8. Geringe Streuungen innerhalb dieser Gruppen sowohl als auch noch sämtlicher folgender werden später an Hand der Verschleißschemen eingehend erklärt.

In geringer Entfernung liegen bei allen Sieben nun Werkstoff 5, 4, 6 als dritte Gruppe.

In der vierten Gruppe befinden sich sämtliche übrigen Werkstoffe, und zwar treten hier in der Reihenfolge größere Schwankungen als in den vorgenannten Gruppen auf.

Die Verschleißkurven der 22 mm Trommelsiebe aus 3 mm starkem Draht der Basaltsieberei (Abb. 12) zeigen mit geringen Ausnahmen, die ihre Erklärung, wie schon bemerkt, an späterer Stelle finden und auf betriebliche Einflüsse zurückzuführen sind, dieselbe Reihenfolge wie bei den Kokssiebversuchen. Daß z. B. Werkstoff 5 vor Werkstoff 8 in der Reihenfolge zu liegen kommt, ist einer unnatürlichen Verschleißsteigerung von Werkstoff 8 infolge örtlicher Siebüberlastung zuzuschreiben, worauf gelegentlich der Besprechung der Abbildung 8 in Abschnitt 3 näher eingegangen wird. Besonders bei Sieb 35 mit einem Durchsatz von 6693 t ist die Reihenfolge und Zusammensetzung der Werkstoffe innerhalb der einzelnen Gruppen mit den obengenannten völlig gleichlautend.

Da Werkstoff 7 ebenfalls nur als 6 mm starker Draht vorhanden war, konnte er in diese und folgende Untersuchungen nicht mit einbezogen werden.

Selbst bei den Versuchen mit 1 mm starken Drähten in 3 mm Maschensieben (Abb. 13) ist trotz der an sich stark streuenden Werte infolge des schon erwähnten unvermeidlichen Abbrechens der Drahtenden eine einigermaßen gleichlautende Reihenfolge in der Eignung zu erkennen. Das unnatürliche Abfallen in der Reihenfolge von Werkstoff 9, 10, 13, 17 in Sieb 25 ist wahrscheinlich auf das Abbrechen der Drahtenden zurückzuführen. Dasselbe trifft auch für Werkstoff 19 in Sieb 23 und 24 im umgekehrten Falle zu. Aus den Schemen (Abb. 10 u. 11) leuchtet die Berechtigung dieser Annahme beim Vergleich des gesamten Verschleißes in den verschiedenen Sieben leicht ein.

Die Werte der erst später in die Versuche einbezogenen Werkstoffe 16 und 17 liegen durchweg in der Nähe der Verschleißzahlen von Werkstoff 1 und 2, was als eine gewisse Bestätigung dieser Ergebnisse angesehen werden kann, da die Werkstoffe bezüglich ihrer Herstellung und Festigkeitszahlen in eine Gruppe gehören.

Das günstige Verhalten von Werkstoff 19, einem Hartmessing, sowie von Werkstoff 14 (Monelmetall) wird an späterer Stelle im Zusammenhang mit den Korrosionseinflüssen auf die Werkstoffe eingehender behandelt.

Die Verschleißkurven in der Zink-Blei-Erzwäche zeigen bis auf die Versuche mit den 1 mm starken Drähten eine den vorbeschriebenen Gruppen gleichlaufende Reihenfolge der Werkstoffe bezüglich ihrer Eignung. Aus Abb. 18 ist sowohl bei den 24 mm als auch den 17 mm Maschensieben bei verschiedenen Durchsatzmengen und -Zeiten deutlich die vorerwähnte Gruppeneinteilung (Werkstoff 2, 1, 8, dann 5, 4, 6 und schließlich der Rest als letzte Gruppe) festzustellen.

Beim allgemeinen Vergleich der vorbeschriebenen Verschleißkurven untereinander, sowie derselben in Abb. 7, 12, 13 und 18 nebeneinander, fallen doch eine Reihe von Unregelmäßigkeiten auf, die, obgleich sie das Bild in der Reihenfolge der Eignung der Werkstoffe nicht wesentlich ändern, keine Erklärung zu haben scheinen. Der Grund für diese Unreglmäßigkeiten ist in den verschiedenartigsten Betriebsbedingungen und anderen äußeren Einwirkungen zu suchen.

3. Einfluß der Betriebsweise und der Verschiedenheit des Aufgabegutes.

Die Voruntersuchungen auf Rättersieben bei Koksdurchsatz ergeben infolge ungleichmäßiger Beanspruchung unbrauchbare Werte. Aus Abb. 1 ist ersichtlich, daß Sieb 1 mit 20 mm Maschenweite aus 3 mm starkem Draht bei Draht 33 am meisten beansprucht wurde, und daß die Beanspruchung ungeachtet der verschiedenen Werkstoffbeschaffenheit nach beiden Seiten stark abfällt. Die Versuchsdrähte sind hier die Längsdrähte des Siebes, also die Drähte, die in der Richtung des Transportes des Durchsatzgutes liegen. Der Grund für die ungleichmäßige Beanspruchung der gesamten Siebbreite ist darin zu suchen, daß die Rutsche kurz vor der Aufgabe eine Krümmung machte, so daß das Gut das Bestreben hatte, sich nach einer Seite auf dem Sieb anzuhäufen. Deshalb war die Beanspruchung, wie auch deutlich aus den Kurven der Durchmesserabnahmen hervorgeht, bei den Drähten 24 bis 36 normal, während besonders an der linken Seite und nach der Austragsseite hin das übrige Sieb in der Breite fast unbelastet blieb. Trotz dieser Ungleichmäßigkeit kann man auch bei diesen Kurven deutliche Unterschiede in der Eignung der verschiedenen Werkstoffe feststellen.

Die Untersuchung der Querdrähte dieses Siebes ergab, wie aus Schema Abb. 2 hervorgeht, günstigere Ergebnisse in Bezug auf die Gewichtsabnahme. Dagegen ist aus den Durchmesserabnahmen deutlich die vorerwähnte Unreglmäßigkeit der Belastung zu erkennen. Wie aus den Durchmesserabnahmen Abb. 1 ersichtlich ist, nehmen besonders die Durchmesser des Unterkorns nach der Austragsseite hin stark ab, was leicht erklärlich ist, wenn man sich vorstellt, daß nach dieser Richtung hin die Absiebung immer geringer wird, da die Siebe meist nicht voll belastet laufen. Daher erschien es nicht angängig, für die Untersuchungen die Querdrähte als Versuchsdrähte heranzuziehen, da um vergleichbare Werte zu bekommen, diese Unregelmäßigkeit bei der Darstellung hätte berücksichtigt werden müssen.

Um Aufschlüsse über die Art und den Verlauf der Siebbelastung in den Trommelsieben zu erhalten, wurden in Sieb 18 die Querdrähte, das sind die Drähte, die senkrecht zur Fortbewegungsrichtung des Durchsatzgutes liegen, untersucht, und zwar wurde zur besseren Vergleichsmöglichkeit nur ein Werkstoff dabei verwendet. Aus Abb. 3 geht eindeutig hervor, daß es nicht möglich ist, die Querdrähte als Versuchsdrähte heranzuziehen, da die Siebbeanspruchung infolge der verschiedenen Belastung der gesamten Sieblänge des Siebschusses, auf den die Beschickung erfolgt, zu unterschiedlich ist. Es wurden daher bei den Versuchen nur die Längsdrähte untersucht, weil sich bei diesen die Belastungsunregelmäßigkeiten auf die Länge aller Versuchsdrähte gleichmäßig verteilten.

Der Verlauf der Kurven in Abb. 3 läßt, da wie schon bemerkt, nur 1 Werkstoff dabei verwendet wurde, Schlüsse in Bezug auf die betrieblichen Einflüsse zu. Die Kurve der Gewichtsabnahmen zeigt bei Draht 5 einen Höchstwert, was bei der Tatsache, daß an dieser Stelle das Durchsatzgut auf das Sieb fällt, leicht einleuchtet. Die Durchmesserkurven des Ueberkorns zeigen an dieser Stelle einen Tiefstwert, während derjenige des Unterkorns erst bei Draht 6 liegt. Die stärkste Absiebung tritt also erst kurz nach dem Auffallen des Gutes ein. Die Erklärung des Tiefstwertes der Gewichtsabnahme bei Draht 9 erscheint im Augenblick schwieriger. Beobachtet man aber den Verlauf der Linien der Durchmesserabnahmen, so ist es bemerkenswert, daß bei Draht 5 die Linien am weitesten auseinander liegen, d. h. daß der Abrieb des Ueberkorns erheblich größer ist als derjenige des Unterkorns. Dies ist einleuchtend, wenn man bedenkt, daß durch das Auffallen des Durchsatzgutes an dieser Stelle das Sieb besonders stark bean-

sprucht wird. Von Draht 6 bis 9 liegen die beiden Kurven fast zusammen; teilweise überschneiden sich sogar die Linien der Durchmesser des Unterkorns und des Ueberkorns. Erst von Draht 9 ab ist wieder ein deutliches Auseinandergehen der beiden Linien festzustellen. Das berechtigt zu der Annahme, daß durch ausreichende Beschickung des Siebes an der Stelle von Draht 6 bis 9 die Oberfläche des Siebes durch feines Korn, welches das Bestreben hat, durch die Maschen des Siebes zu fallen, gegen den direkten Angriff der größeren Stücke geschützt wird. Dadurch verändert sich der Abrieb senkrecht zur Sieboberfläche, wodurch der Tiefstwert bei Draht 9 in der Kurve der Gewichtsabnahme erklärt werden kann. Weiterhin scheint die hohe spezifische Siebbelastung eine Verminderung der Korrosionseinflüsse herbeizuführen, worauf später noch näher eingegangen wird.

Das allmähliche Abfallen der Verschleißkurve sowie das entsprechende Ansteigen der Durchmesserkurve des Unterkorns nach der Austragsseite hin zeigt hier ebenfalls, daß die Siebe nicht voll belastet liefen. Bei Draht 21 bis 23 steigt die Verschleißkurve etwas an. Die Durchmesserkurve des Ueberkorns fällt, während diejenige des Unterkorns etwas ansteigt. Es ist also die Vermutung gerechtfertigt, daß infolge zu langen Rollens in der Trommel ein Teil des Ueberkorns an dieser Stelle zerfällt und abgesiebt wird.

Aus den Vorversuchen in den Trommelsieben ergab sich also, daß bei Verwendung der Längsdrähte als Versuchsdrähte folgende betriebliche Vorgänge beachtet werden mußten, da sie in jedem Falle von Einfluß auf den Verschleiß der Siebe waren. Einmal ist es der Absiebungsgrad, der mit steigenden Werten den Verschleiß verringert, da das Ueberkorn infolge seines längeren Weges auf der Siebfläche einen beträchtlich größeren Anteil am Verschleiß hat. Zum anderen bewirkt die spezifische Siebbelastung beim Ansteigen eine Verringerung des Verschleißes insofern, als die große Menge des Unterkorns die Oberfläche bis zu einem gewissen Grade vor dem Angriff des mehr Verschleiß bewirkenden Ueberkorns und der Korrosionseinflüsse schützt.

Diese Tatsachen konnten bei fast sämtlichen Versuchen festgestellt werden. Bei den Untersuchungen in der Kokssieberei zeigt der Verlauf der Verschleißkurven in Abb. 7, in welcher sämtliche Werte als Mittelwerte ohne Berücksichtigung der Schwankungen innerhalb der einzelnen Siebe eingetragen sind, daß die Werte der 60 mm Maschensiebe 4 und 5 mit Absiebungsgraden von 15,5 bezw. 16,4 im Verhältnis tiefer liegen, als diejenigen der Siebe 21 und 22 mit Absiebungsgraden von 1,4 bezw. 1,38. Abschwächend wirken hier die geringeren spezifischen Siebbelastungen von 0,87 bezw. 0,97 t/m² u. Std. gegenüber 1,19 bezw. 1,15 t/m² u. Std., welche die Werte an sich etwas erhöhen.

Die genauen Zahlen für Aufgabe, Unterkorn- und Ueberkornausbringen sowie die spezifische Siebbelastung und die Laufzeit der Siebe sind aus Zahlentafel 2 zu entnehmen. Die Werte der 40 mm Maschensiebe 7 bis 13 mit einem Absiebungsgrad von 0,97 liegen infolgedessen höher. An der beträchtlichen Erhöhung hat ferner die niedrige spezifische Siebbelastung von 0.74 t/m² u. Std. einen Anteil. Beim Vergleich der 20 mm Rättersiebe untereinander ist ebenfalls festzustellen, daß die Werte von Sieb 2 mit einem Absiebungsgrad von 0,7 gegenüber den Werten von Sieb 3 und 1 mit Absiebungsgraden von 0.82 höher liegen. Da die Einflüsse der spezifischen Siebbelastung hier nicht in Erscheinung treten, so scheint es, als ob der Absiebungsgrad von größerem Einfluß auf den Verlauf des Verschleißvorganges ist. Auf das unverhältnismäßig steile Ansteigen der Kurven der 20 mm Rättersiebe aus 3 mm starkem Draht wird später noch eingegangen.

Infolge der Vorklassierung waren die Absiebungsgrade in der Steinsieberei nicht unterschiedlich, so daß bei diesen Versuchen der Einfluß der spezifischen Siebbelastung einwandfrei festgestellt werden konnte. In Abb. 12 liegen bei Sieb 35, einem 22 mm Maschensieb aus 3 mm starkem Draht mit einer spezifischen Siebbelastung von 2,66 t/m² u. Std., alle Werte gegenüber den Sieben 32 bis 34 mit einer spezifischen Siebbelastung von 4.12 t/m² u. Std. verhältnismäßig höher, obgleich der Absiebungsgrad durchweg 8,2 betrug. (s. Zahlentafel 3).

In Abb. 13 bei den 3 mm Maschensieben aus 1 mm starkem Draht verlaufen die Kurven fast gleichmäßig. Hier scheinen sich die Einflüsse der Absiebungsgrade und der spezifischen Siebbelastungen, da sie gerade entgegengesetzt verlaufen, aufzuheben.

Die Fragen der Beeinflussung des Verschleißes durch Absiebungsgrad und spezifische Siebbelastung finden in den Ergebnissen der Versuche in der Zink-Blei-Erzwäsche eine weitgehende Klärung. Trotz der ungünstigen Lage der 17 mm Maschensiebe an der Beschickungsseite der Trommel (s. Abb. C) zeigen sämtliche Siebe dieser Sorte einen bedeutend geringeren Verschleiß als die 24 mm Maschensiebe derselben Trommel, obgleich letztere an der Austragsseite lagen. Aus Abb. 18 ist deutlich zu ersehen, daß der Grund dafür in den Einflüssen des Absiebungsgrades und der spezifischen Siebbelastung zu suchen ist, der besonders deutlich in Erscheinung tritt, da hier beide in einer Richtung verlaufen. Die 24 mm Maschensiebe haben einen Absiebungsgrad von 1,5 und eine spezifische Siebbelastung von 2.55 t/m² u. Std., während die 17 mm Siebe einen Absiebungsgrad von 2,3 und eine spezifische Siebbelastung von 5.05 t/m² u. Std. ausweisen. (s. Zahlentafel 4).

Die Kurven der 3 mm Maschensiebe aus 1 mm starkem Draht zeigen in Abb. 18 bei Sieb 26 bis 29 mit einem Absiebungsgrad von 1,5 einen den 24 mm Maschensieben ähnlichen Verlauf. Bei letztgenannten Sieben war der Absiebungsgrad ebenfalls 1,5. Die verschiedenen Abweichungen bei diesen Kurven, besonders bei den höheren Werkstoffnummern, werden später behandelt. Diese beruhen ebenso wie die verschiedenen herausfallenden Werte bestimmter Drahtsorten innerhalb einer Versuchsreihe bei sämtlichen Versuchen auf einer Siebüberlastung infolge ungleichmäßiger Fortbewegung der Beschickung, bezw. einer Verfestigung der weicheren Flußstahlsorten.

Durch diese Ergebnisse erscheint der Einfluß des Absiebungsgrades und der spezifischen Siebbelastung auf die Verschleißvorgänge eindeutig nachgewiesen.

Beim Vergleich der Verschleißkurven bezüglich ihres relativen Anstieges, fällt bei den Abb. 7, 12, 13 und 18 auf, daß die Kurven der Versuche in der Kokssieberei und der Zink-Blei-Erzwäsche fast einen gleichen Anstieg aufweisen. Der Verschleiß ist also bei diesen Siebereien in Bezug auf Durchsatzzeit und Menge ähnlich. Die Kurven der Versuche der Steinsieberei zeigen ein bedeutend flacheres Ansteigen, was eine entsprechend längere Haltbarkeit der Siebe in Bezug auf Durchsatzzeit und Menge bedeutet.

Diese Feststellungen geben zu der Annahme Berechtigung, daß die geringere Härte des Basalts einen relativ geringeren mechanischen Abrieb auf den Sieben hervorruft als die Koks-, bezw. Erzteilchen.

Zum anderen sind es aber, und zwar wahrscheinlich zum größeren Teil, die korrodierenden Einflüsse, die den Verlauf des tatsächlichen Verschleißes bestimmen.

Im Betrieb der Kokssieberei zeigte sich bei sämtlichen Versuchen nach wenigen Stunden Betriebsstillstandes ein Rostansatz bei den Sieben. Der Grund hierfür ist möglicherweise der Schwefeldioxydgehalt im Koks, der auf den Rostvorgang von erheblichem Einfluß ist.

In der Zink-Blei-Erzwäsche zeigte sich die Neigung zur Rostbildung an den Sieben nach Betriebsstillsetzung

in noch verstärktem Maße, während in der Steinsieberei von einem Rostansatz bei den Sieben im normalen Betrieb mit 8 bis 16stündigen Stillständen nicht das Geringste feststellbar war.

Diese Tatsachen gaben Veranlassung zu der Annahme, daß die Korrosion auf die Verschleißvorgänge von bedeutend größerem Einfluß ist, als man in der Praxis geneigt ist anzunehmen.

Das auffallend günstige Verhalten in Bezug auf den Verschleißwiderstand von Werkstoff 14 (Monelmetall) und Werkstoff 19 (Hartmessing) Abb. 13 und 15 sowohl bei den Versuchen in der Steinsieberei also auch in denjenigen der Zink-Blei-Erzwäsche war eine Stütze obiger Annahme. Leider waren diese beiden Werkstoffe nur als 1 mm starke Drähte in sehr beschränkten Mengen vorhanden, so daß keine umfassenden Versuche damit angestellt werden konnten.

In Abb. 17 und 18 fällt besonders auf, daß die Werte für Werkstoff 12 (geglühter Fluß-Stahl), die bei allen vorher beschriebenen Versuchen innerhalb der Fehlergrenzen zwischen den Sorten derselben Werkstoffgruppe streuten, in 2 verschiedenen Sieben eindeutig beträchtlich größere Verschleißwiderstände aufweisen. Man kann annehmen, daß die langsam abblätternden Oberflächenschichten, die sich im Verlauf der Härtezunahme bei der Kalthärtung gebildet haben, die Korrosionseinwirkung bis zu einem gewissen Grade verhindern und dadurch eine scheinbare Erhöhung des Verschleißwiderstandes bewirken.

Leider war es aus betrieblichen Gründen nicht möglich, die Einflüsse der Korrosion auf die Verschleißvorgänge genauer zu untersuchen. In den bereits erwähnten Versuchsergebnissen von Fink[23]) und neuerdings denjenigen von Charpentier[27]) findet die Annahme, daß die Korrosion im Zusammenhang mit den Verschleißvorgängen bezüglich ihres Einflusses darauf unterschätzt wird, mehr als eine Stütze.

Im Verlauf der vorbeschriebenen Versuche waren verschiedentliche Streuungen der einzelnen Werkstoffsorten zu beobachten, deren Ursachen erst aus den Verschleißschemen der einzelnen Versuche zu erkennen sind. Bei den Verschleißschemen der Steinsieberei kann die Beobachtung gemacht werden, daß besonders bei den weicheren Werkstoffen die Gewichtsabnahmekurven nach dem Ende jedes Siebstückes hin ansteigen. (Abb. 8, Werkstoff 3, 9, 13. Abb. 9, Werkstoff 10, 12, 13). Da hierin eine gewisse Regelmäßigkeit zu beobachten ist, so scheint es, daß hier nicht die Werkstoffe, sondern zum größeren Teil die Art der Beanspruchung die Veranlassung dazu gegeben hat. In der Tat konnte festgestellt werden, daß diese Erscheinung besonders bei zu starker Belastung der Siebe (22 mm Maschensiebe der Steinsieberei) auftrat. Diese Siebstücke zeigten nach dem Ausbau und auch schon während des Betriebes eine Ausbauchung nahe dem eingespannten Ende, das der Drehrichtung der Trommel entgegengesetzt lag. (s. Abb. D). Im Betriebe konnte bei diesen Sieben ein sehr unregelmäßiger Transport des Durchsatzgutes festgestellt werden, da in diesen Ausbauchungen das Durchsatzgut länger festgehalten wurde und schließlich mit größerer Beschleunigung in die nächstfolgende Ausbauchung hineinglitt. Auf Grund der übertriebenen Richtungsänderungen muß natürlich der Verschleiß in diesen Ausbauchungen stark ansteigen. Mit Sicherheit darf die Annahme gemacht werden, daß darin der maßgebende Grund für die in den Kurven der Versuche auftretenden Schwankungen lag. Daß z. B. in Abb. 8 und 12 in der Reihenfolge der Eignung Werkstoff 5 vor Werkstoff 8 zu liegen kommt, ist dem vorgenannten Umstand der unnatürlichen Verschleiß-Steigerung von Werkstoff 8 infolge Siebüberlastung zuzuschreiben, zumal Werkstoff 8 kurz vor der Siebeinspannstelle, also an der Stelle des Verschleißhöchstwertes, und Werkstoff 5 hinter derselben in der Gegend des Verschleißkleinstwertes zu liegen kam. (Abb. 8). Das unverhältnismäßige Ansteigen der Verschleißkurven von Werkstoff 10, 12 und 13 bei Sieb 35 und von Werkstoff 3, 9 und 13 bei Sieb 32 bis 34, wodurch der unregelmäßige Kurvenverlauf zwischen 6693 t zu 50 000 t Durchsatz hervorgerufen wurde, ist beim Vergleichen der Abb. 8, 9 und 12 nach dem Vorgesagten einleuchtend.

Aus Abb. 10 geht deutlich hervor, daß der unregelmäßige Transport des Gutes auf der Trommelsiebfläche hier den Verschleißvorgang derart beeinflußte, daß die Eignungsunterschiede der verschiedenen Werkstoffe völlig überdeckt wurden. Aus dem Verlauf der gesamten Kurven kann man deutlich entnehmen, daß das Gut bei Werkstoff 1 auf der Trommel langsam ins Rutschen kam und bis zu Werkstoff 2 allmählich beschleunigt wurde. Hier stellte sich der Beschleunigung die richtunggebende Unterlage der Sieboberfläche entgegen und brachte das Gut zum Stillstand. In der Tat befand sich auch an dieser Stelle des Siebes das Tal einer Ausbauchung. Das Gut wurde nun ein Stück in der Drehrichtung der Trommel mitgenommen und soweit gehoben, bis der Reibungswiderstand auf der Unterlage überwunden war. Infolgedessen ist bei Werkstoff 2 ein auffallender Verschleißrückgang zu beobachten. Das Gut begann bei Werkstoff 3 wieder langsam ins Rutschen zu kommen, um bei Werkstoff 4 und 5 stehen zu bleiben und vorher ein starkes Ansteigen des Verschleißes zu bewirken. Die periodische Wiederholung dieses Vorganges kann über die gesamte Verschleißfläche deutlich festgestellt werden, und zeigt, von welchem wesentlichen Einfluß die Art des Betriebsganges auf den Verschleiß in Siebereien sein kann.

Die Verschleißschemen der Versuche in der Kokssieberei (Abb. 4 bis 6) zeigen einen ähnlichen Verlauf. Die Schwankungen sind hierbei nicht so auffällig. Ausbauchungen waren im Betrieb nicht festzustellen. Der Grund für die Schwankungen ist hier in dem größeren Trommeldurchmesser zu suchen, der den Gleitwinkel verkleinert und dadurch einen ungleichmäßigen Transport des Gutes auf der Siebfläche verursacht. Die Schwankungen sind daher bei den 40 mm Uebersieben mit größerem Durchmesser bedeutend stärker als bei den 60 mm Verteilersieben. Auffallend ist, daß die weicheren Stahlsorten ebenso wie bei den Versuchen in der Steinsieberei den Schwankungen mehr ausgesetzt waren als die harten.

Zur Erhärtung dieser Feststellung zeigen die Verschleißschemen der Erzwäsche (Abb. 14 bis 16), daß bei entsprechender Bauart der Siebe die Erscheinungen, die durch den unregelmäßigen Siebtransport hervorgerufen wurden, gänzlich verschwinden können. Die Linien der Abbildungen zeigen weder ein Ansteigen an den Einspannstellen der Siebe noch periodische Schwankungen auf der gesamten Siebfläche (vergl. Abb. 8, 9, und 10). Der Grund hierfür liegt in der bedeutend kleineren Bemessung der Trommeldurchmesser und dadurch der Fläche jedes Einzelsiebes. Ausbauchungen fallen infolgedessen gänzlich weg. Ferner wird der Gleitwinkel vergrößert, so daß im Falle des Ansteigens des Reibungswiderstandes dieser schneller überwunden und dadurch wieder ein gleichmäßiger Transport des Gutes auf der Siebfläche bewirkt wird. In der Tat war nirgends ein Liegenbleiben des Gutes in den Trommeln während des Betriebes zu beobachten.

Daß die Verschleißzunahme infolge des unregelmäßigen Transportes auf der Sieboberfläche sich vorzugshalber bei den weicheren Flußstahlsorten auswirkt, ist, vom Gesichtspunkte der Werkstoffbeschaffenheit betrachtet, eine gewisse Bestätigung der weiter vorn vertretenen Anschauungen über den Verschleißvorgang. Beim Darübergleiten des Gutes über die Sieboberfläche ist die Größe der Schubkraft S vorherrschend, während die

Druckkraft P unbedeutend ist. Es muß also bei dem elastischen Werkstoff ein größerer Verschleiß bewirkt werden als bei dem spröden, unelastischen.

Bei den Versuchen in der Zink-Blei-Erzwäsche liegen die Verhältnisse anders. Die Verschleißschemen (Abb. 17 und 18) zeigen für die weichen Flußstahlsorten unverhältnismäßig niedrige Werte. Wahrscheinlich spielt bei diesen Werkstoffen die Verfestigung der Oberfläche eine Rolle. Diese Erscheinung macht sich gerade hier bemerkbar, weil der geringere Trommeldurchmesser bewirkt, daß das Gut schneller nach den oberen Lagen der Trommel befördert wird. Dadurch fällt ein großer Teil der Beschickung, besonders bei den feinmaschigen Sieben, auf die tieferliegenden Stellen der Siebtrommel auf und nimmt nicht an der normalen Fortbewegung des Gutes in der Trommel teil, die sich im allgemeinen in gleitender und rollender Form ohne Unterbrechung auf der steigenden Seite der Trommel vollzieht. Durch das ständige Auffallen tritt eine Erhöhung von P ein, während S verschwindend klein wird.

Das starke Ansteigen der Verschleißkurven in Abb. 7 bei den Versuchen mit den 20 mm Rättersieben im Vergleich zu den Verschleißkurven der 40 mm, bezw. 60 mm Trommelsiebe läßt vermuten, daß mit abnehmender Maschenweite und Drahtstärke der spezifische Verschleiß zunimmt. Einen wesentlichen Einfluß bei diesen Versuchen hat vermutlich die Art der Fortbewegung des Gutes auf der Oberfläche der nach veralteten Grundsätzen gebauten Rätter.

Da im allgemeinen mit der Abnahme der Maschenweite und Drahtstärke bei Aufbereitungssieben eine Abnahme der spezifischen Siebbelastung verbunden ist, so laufen beide Erscheinungen parallel, und es ist schwer, die wahre Veranlassung für die Verschleißerhöhung festzustellen. Die Annahme, daß für das Ansteigen des Verschleißes bei Sieben die geringere Maschenweite und Drahtstärke verantwortlich ist, trifft nicht zu.

Die Ergebnisse der Versuche in der Basaltsieberei zeigen dasselbe Bild wie diejenigen der Kokssieberei. Auch hier ist der spezifische Verschleiß bei den 3 mm Maschensieben bedeutend größer (Abb. 13) als bei den 22 mm Maschensieben (Abb. 12). Da aber bei den 3 mm Sieben der Absiebungsgrad 0,28 beträgt, während die 22 mm Siebe einen solchen von 8,2 aufweisen und außerdem die spezifische Siebbelastung bei den 3 mm Sieben 1,89 und diejenige der 22 mm Siebe 2,66, bezw. 4,12 t/m² u. Std. betragen, so liegt genügend Berechtigung vor, den Grund des Verschleißanstieges in den Einflüssen des Absiebungsgrades und der spezifischen Siebbelastung zu suchen.

Die Ergebnisse der Versuche in der Zink-Blei-Erzwäsche zeigen, von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet, in Abb. 18, daß der Verschleiß der 24 mm Maschensiebe sogar bedeutend größer als derjenige der 17 mm Maschensiebe war. Die Verschleißwerte der 1 mm starken Drähte in den 3 mm Maschensieben 26 bis 29 liegen zwischen den Verschleißwerten der 3 mm starken Drähte der 24 mm, bezw. 17 mm Maschensiebe.

Die vorher ausgesprochene Vermutung, daß nämlich mit abnehmender Maschenweite und Drahtstärke der spezifische Verschleiß zunimmt, kann somit nicht als begründet erachtet werden.

4. Beziehungen zwischen Verschleiß, Festigkeit und Zusammensetzung der Werkstoffe.

Es wurde versucht, die gefundenen Verschleißwiderstandswerte sämtlicher Versuche zu den statischen Festigkeitswerten der Werkstoffe und ihrem Kohlenstoffgehalt in Beziehung zu setzen. (Abb. 19 bis 26). Der Verlauf der Kurven ist an sich unregelmäßig, so daß in Abb. 20, 22, 23 und 25 versucht wurde, diejenigen Unregelmäßigkeiten, die ihre Ursache in der Betriebsführung hatten, in dem Verlauf der Kurven zu berücksichtigen. Dieses Vorhaben war insofern nicht einwandfrei, als die Größenverhältnisse der betrieblichen Einflüsse nicht zahlenmäßig zu erfassen waren, sondern nur an Hand von parallel laufenden Kontrollversuchen geschätzt werden konnten. Die so abgeänderten Kurven sind in obengenannten Abb. gestrichelt eingezeichnet und zeigen, daß sie sich größtenteils den gleichmäßig fallenden Festigkeitswerten der Werkstoffe besser anpassen.

Es ist also nicht möglich, die Festigkeitszahlen der Werkstoffe zur Beurteilung ihres Verschleißwiderstandes eindeutig zu Grunde zu legen. Man kann wohl feststellen, daß die Verschleißfestigkeit im großen und ganzen mit der statistischen Festigkeit proportional verläuft, daß also mit steigender Festigkeit der Verschleiß fällt, aber infolge verschiedenartigster unbekannter Einflüsse eine eindeutige Klärung in dieser Richtung nicht möglich ist.

Die Beziehungen zwischen Verschleiß und Kohlenstoffgehalt zeigen in diesen Abb., daß ein eindeutiges Abhängigkeitsverhältnis ebenfalls nicht festzustellen war. Bei den Versuchen mit 6 und 3 mm starken Drähten ergibt sich wohl ein allgemein gleichgerichteter Verlauf zwischen Verschleißrückgang und Kohlenstoffzunahme der Werkstoffe.

Wenn auch eindeutige Abhängigkeitsverhältnisse zwischen Verschleiß, Festigkeitseigenschaften und Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe nicht gefunden wurden, so zeigen doch die Kurven der Abb. 19 bis 26, daß die Festigkeitseigenschaften einen erheblichen Einfluß auf den Verschleißwiderstand ausüben.

Es geht deutlich aus den Kurven hervor, daß Werkstoffe mit höheren Festigkeiten einen größeren Verschleißwiderstand aufweisen. Es muß dahingestellt bleiben, ob zur Erzielung dieser höheren Festigkeiten eine bestimmte chemische Zusammensetzung der Drahtsorten gewählt wird, oder ob diesen Anforderungen durch geeignete Vorbehandlung, die auf den Gefügebau von Einfluß ist, entsprochen wird. Diese Frage konnte in dieser Arbeit deshalb nicht geklärt werden, weil aus naheliegenden Gründen von den Lieferwerken Angaben über den Herstellungsgang ihrer Erzeugnisse nicht gemacht wurden.

Zusammenfassend kann auf Grund der Untersuchungsergebnisse gesagt werden:

1. Es war möglich, bei den Versuchswerkstoffen eine Reihenfolge bezgl. ihrer Eignung gegenüber dem Verschleiß festzulegen.
2. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten, daß für die relative Beurteilung des Verschleißwiderstandes maßgebend sind:

   a) Der Absiebungsgrad $= \frac{\text{Unterkorn}}{\text{Ueberkorn}}$ in hohem Maße, da das Ueberkorn infolge seines längeren Weges auf der Siebfläche mehr Abrieb bewirkt als das Unterkorn. — Mit fallendem Absiebungsgrad steigt also der Verschleiß.

   b) Die Beschaffenheit des Durchsatzgutes in Bezug auf seine mechanischen und chemischen Eigenschaften. — Die spezifische Siebbelastung, da bei größer werdender spezifischer Siebbelastung bis zu einem gewissen Grade infolge größerer Schütthöhe die Sieboberfläche gegen den Angriff des großstückigeren Gutes mehr geschützt wird. Ferner scheint dieses bessere Bedecktsein der Sieboberfläche dem Korrosionsangriff entgegen zu wirken. — Innerhalb gewisser Grenzen steigt mit fallender spezifischer Siebbelastung der Verschleiß. —

   Die Art der Aufgabe des Durchsatzgutes als auch die Gleichmäßigkeit der Verteilung und des Transportes während des Betriebes. —

   Die Zeit der Betriebsstillstände, da diese den Anteil der Korrosion am Verschleiß bedeutend erhöht.

c) Einflüsse verschiedener Siebbauarten in Bezug auf die Verschiedenheit der Drahtstärken und Maschenweiten auf den Verschleiß konnten nicht festgestellt werden.

3. Die Verschleißkurven zeigten mit den Festigkeits- und Kohlenstoffgehaltskurven der Werkstoffe im großen und ganzen einen gleichgerichteten Verlauf.

III. Folgerungen für die Praxis.

Hieraus ergeben sich verschiedene Folgerungen sowohl für den Bau als auch für die Betriebsführung von Siebereien.

Im Verlauf der Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, von welchem wesentlichen Einfluß die Bauart sowie die Art der Betriebsführung auf den Verschleiß der Siebe und die Absiebung sein kann. Dieser Einfluß kann so bedeutend werden, daß er nicht nur die Vorteile des größeren Verschleißwiderstandes teurer Qualitätsstähle aufhebt, sondern daß er diese als durchaus ungeeignet erscheinen läßt.

Um also im Voraus von einem Stahl mit größerem Verschleißwiderstand eine entsprechende Haltbarkeit in Siebereien erwarten zu können, ist es nötig, die Siebe zweckentsprechend zu bemessen und den Betrieb ebenso zu führen.

Auf Grund der in den Versuchen ermittelten Einflüsse des Absiebungsgrades, der spezifischen Siebbelastung, der Beschaffenheit des Durchsatzgutes, der Beschikkungsart und des Transportes ist es möglich, die Bemessung und Betriebsführung der Siebe so zu bestimmen, daß ein Kleinstwert des Werkstoffverschleißes und ein Höchstwert einer einwandfreien Absiebung erreicht wird. Es zeigte sich deutlich bei den Versuchen, daß Ueberbemessungen von Sieben neben dem nachteiligen Einfluß des Ausfalles von Ueberkorn eine erhebliche Werkstoffvergeudung darstellen.

Um eine gleichmäßige Belastung der Siebe zu erzielen, muß eine möglichst regelmäßige Aufgabe und ein ebensolcher Transport des Durchsatzgutes auf dem Sieb angestrebt werden.

Die spezifische Siebbelastung muß einen bestimmten Wert haben, um bei günstigster Absiebung den geringsten Verschleiß zu bewirken. Laufen die Siebe nicht voll belastet, also ist die spezifische Siebbelastung zu gering, so wird der Verschleiß zu groß. Umgekehrt, tritt bei zu großer spezifischer Siebbelastung eine Deformation der Siebe ein, so wird dadurch eine ungenügende Absiebung und ein unregelmäßiger Transport hervorgerufen, der den Verschleiß bedeutend vergrößern kann.

Da die Korrosion besonders bei nassen Siebereien und solchen, bei denen die Siebe chemischen Einflüssen ausgesetzt sind, vornehmlich in der Zeit der Betriebsstillstände einen sehr erheblichen Anteil am Verschleiß hat, so geht hieraus hervor, daß auch diese Umstände die nötige Beachtung bei dem Bestreben einer Verschleißverminderung finden müssen. In solchen Fällen ist zu überlegen, ob man nicht trotz der höheren Kosten Monelmetall, bezw. Hartmessing verwendet, zumal die Versuche mit diesen Werkstoffen gute Verschleißfesigkeitswerte geliefert haben.

Was die Herstellung von verschleißfesten Drähten für Aufbereitungssiebe anbetrifft, so geht aus den Beziehungen zwischen Verschleiß, statischer Festigkeit und Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe hervor, daß die Erzielung höherer Festigkeiten bei den Drähten Erfolg versprechend ist.

Der Verschleißwiderstand der Gußstahldrähte, sowie der vergüteten Stahldrähte ist nicht so wesentlich unterschiedlich von demjenigen der handelsüblichen Flußstahlsorten, als daß dadurch ein bedeutend höherer Werkstoffherstellungspreis Berechtigung finden würde.

Den größten Verschleißwiderstand zeigte Werkstoff 11, ein 12 Prozent Manganhartstahl.

Die wirtschaftliche Seite dieser Fragen kann im Rahmen der Arbeit nicht untersucht werden. Ein abschließendes Urteil über die eventuellen Vorteile der Verwendung von Qualitätswerkstoffen ist somit nicht möglich. Im allgemeinen dürften die hohen Unkosten ihrer Herstellung und der Siebe zu beachten sein, so daß die Wirtschaftlichkeit der Verwendung von Fall zu Fall zu ermitteln wäre. Dabei ist ferner zu berücksichtigen, daß, wie verschiedentlich erwähnt, durch betriebliche und korrodierende Einflüsse der an sich eindeutig festgestellte größere Verschleißwiderstand der Qualitätsstähle bedeutend herabgesetzt werden kann. Nur bei Beachtung der für den Verschleiß maßgebenden Umstände im Betrieb erscheint die Verwendung von hochwertigen Stählen in Aufbereitungssieben Erfolg versprechend.

IV. Zusammenfassung.

Es wurde versucht, durch Einbauen von Drahtsieben aus verschiedenen Stahldrahtsorten in Koks-, Stein- und Erzaufbereitungen Schlüsse auf die Verschleißvorgänge in Siebereien und auf die Verschleißwiderstände der verschiedenen Versuchswerkstoffe zu ziehen.

Es zeigte sich dabei, daß die Einflüsse der verschiedenartigen Anlagen und Betriebsführungen so wesentlich auf den Verschleiß der Werkstoffe sind, daß die Unterschiede der Verschleißwiderstände der Werkstoffe dadurch völlig überdeckt werden können.

Im allgemeinen entsprachen die Werte der statischen Festigkeit, bezw. des Kohlenstoffgehaltes der Werkstoffe, den Ergebnissen des Verschleißwiderstandes.

Literaturübersicht.

[1]) Dormus. Stahl u. Eisen 1926, S. 948. Ein Beitrag zur Frage des Verschleißes der Eisenbahnschienen.

[2]) Kertsch. Dr.-Ing. Diss. Braunschweig 1928. Vergleichende Untersuchungen über Verfahren zur Bestimmung des Verschleißwiderstandes von Stahl.

[3]) Sellergren. Techn. Tidskrift 1905. Mechan. och. Elektrotechn. H. 2. u. 3. Sliening of Metaller met. Smärgelskif-vorsamt Hardhetsbestämmig of Stal genom Sliptrof.

[4]) Breuil u. Robin. Paper Read befor the Intern. Association for the Testing of Material. March. 1909. Friction Tests on the Wear of Steels.

[5]) Gary, Bauschinger, Roseval u. Royers. Reid. Testing 1924, Nr. 2. S. 93/103.

[6]) Honda u. Yamada. Science Exports of the Tohoku Imp. University Vol. 14, 1925, Nr. 1. S. 63/83. Some Experiments on the Abrasion of Metals.

[7]) Sachs. Ztschft. f. angew. Mathem. u. Mech. Bd. 4, 1924. S. 1/32. Versuche über die Reibung fester Körper.

[8]) Brinell. Jernk. Ann. 1921. S. 347/98, I. Präzision 1922, S. 355, 367 u. 390. Untersuchungen des Abnutzungswiderstandes von Eisen u. Stahl und einiger anderer Körper.
V. D. I. 1922, S. 344.
Stahl u. Eisen 1922, S. 391 u. 1925, S. 758.
Hitschock. Testing, 1924, S. 147/55.
Holz. Testing, 1924, S. 4/6.

[9]) Klingenstein. Mittlg. Forschungsanstalt G. H. H. Konzern 1931, S. 80/92.

[10]) Dudley. Trans. Am. Inst. Min. Eng. 7, S. 202. 9, S. 356. 19, S. 892.
Bericht Werkstoffausschuß 1925, Nr. 59.

[11]) Stadeler. Stahl u. Eisen 1925, S. 1195. Die Abhängigkeit der Abnutzung von dem Gefügebau.

[12]) Stanton. Journ. Iron Steel Inst. 1908, I. S. 54/70. A new fatigue test for Iron u. Steel.

[13]) Saniter. Journ. Iron Steel Inst. 1908, III. S. 73/80. A test for assertaining the Relation wearing properties of rail steel.

[14]) Meyer u. Nehl. Bericht Werkstoffausschuß 1923, Nr. 37. Prüfung der Abnutzung von Eisen u. Stahl bei rollender Reibung ohne Schmiermittel.

[15]) Bottone. Chem. News 27, 1873, S. 215.

[16]) Spindel. V. D. I. 1924, S. 1071. Neues Prüfverfahren für den Abnutzungswiderstand von Eisenbahnmaterial.
V. D. I. 1926 S. 415. Ueber Abnutzungsprüfungen von Eisenbahn- und Fabrikbetrieben.

[17]) Schulz u. Lange. Bericht Werkstoffausschuß 1926, Nr. 90. Verschleißversuche an Stahl bei gleitender Reibung auf der Prüfmaschine Bauart Spindel.

[18]) Goerens. Stahl u. Eisen 1917, S. 769. Bericht der Unterkommission für Härteprüfungen.

[19]) Dormus. Oesterr. Wochenschrift f. d. öffentl. Baudienst 1913, S. 371/73.

[20]) Stanton. Stahl u. Eisen 1917, S. 760.

[21]) Mohr u. Federhaff. Bericht Werkstoffausschuß 1925, Nr. 59.

[22]) Ethridge. Testing 1924, Nr. 2, S. 156/59.

[23]) Fink. V. I. 1930, S. 85. Neuere Ergebnisse der Abnutzungsforschung.

[24]) Nußbaumer. Stahl u. Eisen 1909, S. 1661. Die Abnutzung von Metallen.

[25]) Guillet. Rev. met. 1922, S. 117. Quelques essays de frottement effectués sur la machine d'usure de M. Jamin.

[26]) Piwowarsky u. Nipper. Giesserei. 17, 1930, S. 933/34.
Stahl u. Eisen 1931, S. 1375.

[27]) W. Charpentier. Dr.-Ing. Diss. T. H., Stuttgart 1931. Ueber die Zusammenhänge von Verschleiß und Korrosion an Konstruktionsstählen bei Kaltbearbeitung durch Druckwecksel, rollende Reibung und gleitende Reibung.

Zahlentafel 1

Versuchswerkstoffe.

Handelsbezeichnung	Nr.	Stärke mm	Zugfestkt. Kg/mm²	Dehng. %	Brin. Härte	Gehalt i. % C	Si	Mn	P	S	Div.
Stahl.	1	6	140,0	3,0	340	0,63	0,19	0,91	0,175	0,034	
		3	168,0	2,0	350						
		1	172,0	1,5							
Gußstahl.	2	6	142,5	3,5	360	0,76	0,13	0,67	0,019	0,031	
		3	133,0	3,5	280						
		1	130,0	1,3							
Flußeisen, blank, halbhart.	3	6	59,4	8,5	170	0,06	0,05	0,48	0,015	0,069	
		3	60,3	6,3	210						
		1	82,0	0,6							
Flußeisen, gegl. Härte 4.	4	6	64,7	10,0	140	0,36	0,30	0,60	0,10	0,035	
		3	53,7	18,0	160						
		1	49,0	20,0							
Flußeisen, gegl. Härte 6.	5	6	65,5	15,0	165	0,64	0,23	0,50	0,047	0,058	
		3	68,6	10,0	190						
		1	58,0	13,0							
Mn. Schnell-spanstahl.	6	6	70,6	6,5	220	0,22	0,06	1,46	0,073	0,195	
		3	96,9	2,3	230						
		1	91,0	0,7							
Dto. vergütet.	7	6	53,5	18,0	130	0,26	0,04	1,50	0,06	0,182	
Stahl.	8	6	90,3	11,5	280	0,45	0,25	0,70	0,088	0,055	Ni. u. Cr. Sp.
		3	86,7	12,5	230						
		1	75,0	11,5							
S. M. Stahl, blankhart.	9	6	55,2	18,0	150	0,10	0,02	1,35	0,077	0,05	
		3	65,2	3,0	175						
		1	96,0	1,4							
S. M. Stahl, blank, halbweich.	10	6	66,4	2,5	210	0,08	0,02	0,50	0,06	0,04	
		3	60,6	2,7	150						
		1	61,0	0,6							
Mn. Hartstahl.	11	6	*)	*)	390	1,42	0,20	12,4	0,106	Sp.	
S. M. Stahl, gegl.	12	6	44,0	16,0	125	0,05	0,01	0,48	0,032	0,04	
		3	38,5	25,0	105						
		1	38,0	30,0							
S. M. Stahl, blank.	13	6	65,0	3,5	200	0,06	0,05	0,50	0,048	0,069	
		3	76,8	1,5	215						
		1	86,1	0,65							
Monel-Metall, blankhart.	14	1	93,5	0,75		0,16		0,70			
Stahl.	16	1	187,5	0,5		0,59	0,19	0,72	0,047	0,019	
Stahl.	17	1	186,0	0,75		0,49	0,19	0,72	0,041	0,026	
Mn. Stahl.	18	6	69,5	4,0	200	0,23	0,29	0,97	0,047	0,031	
		3	138,3	10,0							

Die Zugfestigkeit der 6 mm starken Drähte wurde an 20 cm langen Proben auf einer 50 t Universal-Zerreißmaschine von Losenhausen festgestellt. Von jedem Werkstoff wurden etwa 3 Proben aus verschiedenen Stellen der Drahtader zerrissen.

Die 3 mm starken Drähte wurden als 20 cm lange Proben auf einer 2000 Kg. Zerreißmaschine mit Handbetrieb der Düsseldorfer Maschinenbau-A.-G. vorm. Losenhausen untersucht. Jeder Wert ist das mittlere Ergebnis aus 3 bis 5 Untersuchungen.

Die Zugfestigkeit wurde bei den 1 mm starken Drähten mit 20 cm langen Proben auf einer 200 Kg. Drahtzerreißmaschine mit Pendelgewichtswage der Fa. Alb. v. Tarnogrocki, Essen, ermittelt. Aus jeder Ader wurden an 3 verschiedenen Stellen Proben entnommen und zerrissen. Jedes Ergebnis ist der Mittelwert aus 10 bis 15 Versuchen.

Die Ermittelung der Brinell-Härte der 6 und 3 mm starken Drähte erfolgte auf einem Testor der Fa. Hessenmüller u. Wolpert, Ludwigshafen Rh. Es wurden zu diesem Zweck wieder 3 Proben an verschiedenen Stellen einer Drahtader entnommen und an den Enden unter Vermeidung von Temperaturerhöhungen abgeschliffen. Jeder Wert ist das mittlere Ergebnis aus 3 bis 6 Prüfungen.

*) Es war nicht möglich, eine einwandfreie Zerreißprobe herzustellen, da der Werkstoff entweder aus den Einspannstellen glitt, oder innerhalb derselben brach.

Zahlentafel 2

Beschickung, Betriebszeit und Belastung der Versuchssiebe in der Kokerei.

		t	Betr. Std.	Absiebgs.-grad	Ges. Siebfläche m^2	Vers. Siebfl. m^2	Spezf. Siebbelastg. t/m^2 Std.
Rättersieb Nr. 1	Aufgabe	2801	302,5	0,82	4,08	2,04	2,27
	Unterkorn	1265					
	Ueberkorn	1536					
Nr. 2	Aufgabe	700	68,0	0,7	4,08	—	2,52
	Unterkorn	289					
	Ueberkorn	411					
Nr. 3	Aufgabe	2255	237,0	0,82	4,08	—	2,33
	Unterkorn	1019					
	Ueberkorn	1236					
Trommelsieb Nr. 7—13	Aufgabe	5685	302,5	0,97	25,5	12,74	0,737
	Unterkorn	2801					
	Ueberkorn	2884					
Nr. 14—20	Aufgabe	6814	302,5	5,1	22,28	10,28	1,1
	Unterkorn	5685					
	Ueberkorn	1129					
Nr. 22	Aufgabe	3370	149,0	1,38	22,28	—	1,15
	Unterkorn	1959					
	Ueberkorn	1411					
Nr. 21	Aufgabe	2363	104,0	1,4	22,28	—	1,19
	Unterkorn	1379					
	Ueberkorn	984					
Nr. 5	Aufgabe	1140	53,0	16,4	22,28	—	0,97
	Unterkorn	1074					
	Ueberkorn	66					
Nr. 4	Aufgabe	525	27	15,5	22,28	—	0,87
	Unterkorn	493					
	Ueberkorn	32					

Zahlentafel 3

Beschickung, Betriebszeit und Belastung der Versuchssiebe im Basaltwerk.

		t	Betr. Std.	Absiebgs.-grad	Ges. Siebfläche m^2	Vers. Siebfl. m^2	Spezf. Siebbelastg. t/m^2 Std.
Trommelsieb Nr. 23 u. 25	Aufgabe	5964	111,5	0,23	27,75	6,93	1,93
	Unterkorn	1107					
	Ueberkorn	4856					
Nr. 24	Aufgabe	1278	24,5	0,28	27,75	—	1,89
	Unterkorn	278					
	Ueberkorn	1000					
Nr. 32—34	Aufgabe	47280	511,5	8,21	22,5	7,5	4,12
	Unterkorn	42140					
	Ueberkorn	5140					
Nr. 35	Aufgabe	6692	111,5	8,19	22,5	—	2,66
	Unterkorn	5964					
	Ueberkorn	728					

Zahlentafel 4

Beschickung, Betriebszeit und Belastung der Versuchssiebe in der Zink-Blei-Erzwäsche.

		t	Betr. Std.	Absiebgs.-grad	Ges Sieb-fläche m^2	Vers. Siebfl. m^2	Spezf. Siebbelastg. t/m^2 Std
Trommelsieb Nr. 26—29	Aufgabe	2160	144	1,5	9,15	4,55	1,64
	Unterkorn	1297					
	Ueberkorn	863					
Nr. 46—49	Aufgabe	2900	88	2,3	6,53	6,53	5,05
	Unterkorn	2020					
	Ueberkorn	880					
Nr. 37—39	Aufgabe	880	88	1,5	3,92	3,92	2,55
	Unterkorn	528					
	Ueberkorn	352					
Nr. 40	Aufgabe	400	40	1,5	3,92	—	2,55
	Unterkorn	240					
	Ueberkorn	160					

Zahlentafel 5

Analyse des Betriebswassers der Erzwäsche.

Die Gehalte sind angegeben in mg/Ltr.

Reaktion:	bicarbonat-alkalisch: Phenolphtalein war nicht gerötet.
Zn	200
Pb	—
Fe	20
Al_2O_3	—
CaO	704
MgO	370
Na	450
freie Mineralsäuren	—
SO_3 geb.	2145
Cl geb.	700
CO_2 frei	264
CO_2 geb. Bicarbonat	22
O_2	11,78
Alkalität geg. Phenolphtal.	—
Alkalität geg. Methylorange	0,5°
Ges. Härte	122,0°
Perm. Härte	120,6°
Temp. Härte	1,4°

Druckfehlerberichtigung.

S. 12, r. Zeile 38: anstatt „statistischen“ muß es heißen „statischen“.
S. 13, l. Zeile 3 : hinter dem Wort „Reihenfolge“ist das Wort „der“ einzuschieben.
S. 13, l. Zeile 18 von unten: anstatt „Erzwäche“ muß es heißen „Erzwäsche“.
S. 14, r. Zeile 33: anstatt ‚ausweisen“ muß es heißen „aufweisen“.
S. 16, r. Zeile 12: wie bei S. 12, r. Zeile 38.
S. 17, r. Zeile 20: anstatt „Prozent“ muß es heißen „prozentiger“.
S. 18, r. Nr. 33) : hinter den Buchstaben „V.“ ist der Buchstabe „D.“ einzuschieben.

Abb A Kokstrommel

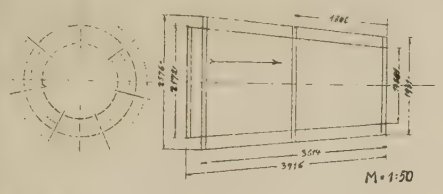


Abb. C. Erztrommel

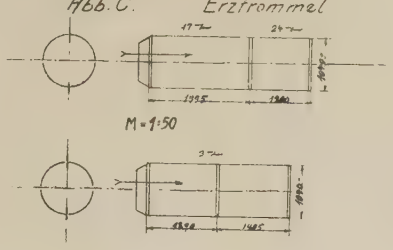


Abb B. Steintrommel

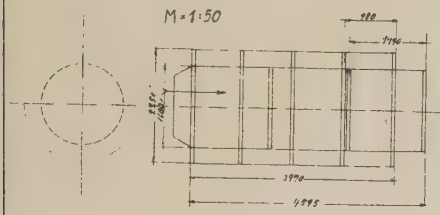


Abb. D. Ausbauchungen b. d. Steintrommel

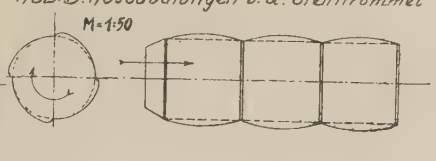


Abb. 1.

Verschleißschema d. Längsdrähte
im Plansieb № 1 20 ᵐᵐ Maschensieb a 3 ᵐᵐ ⌀
Durchsatz Koks 2801 t.

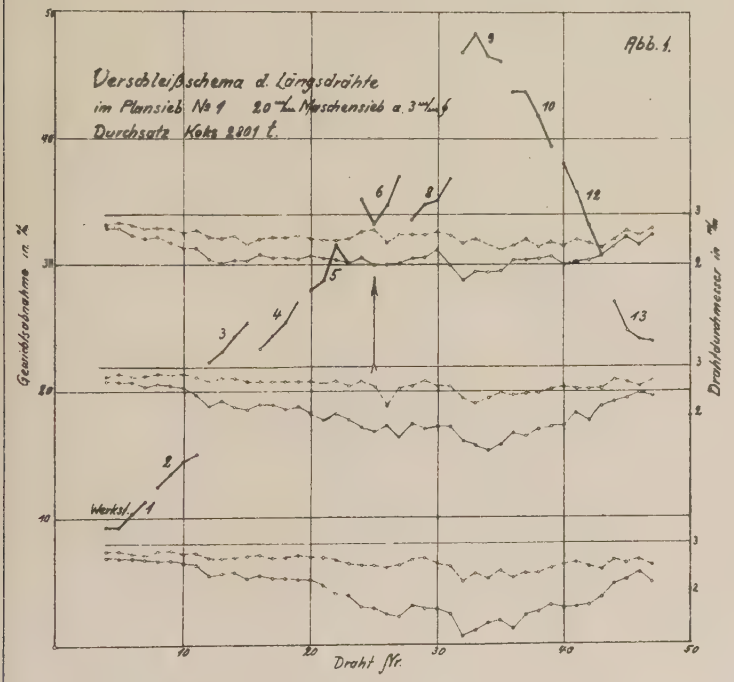


Abb. 3.

Verschleißschema der Querdrähte
im Trommelsieb Nr. 11 60 ᵐᵐ Maschensieb a 6 ᵐᵐ ⌀
Durchsatz: Koks 6814 t.

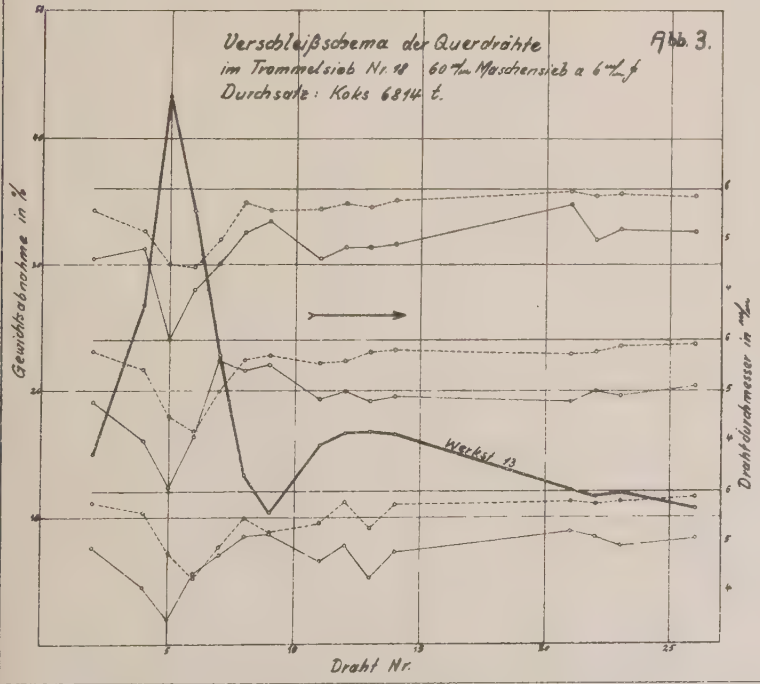
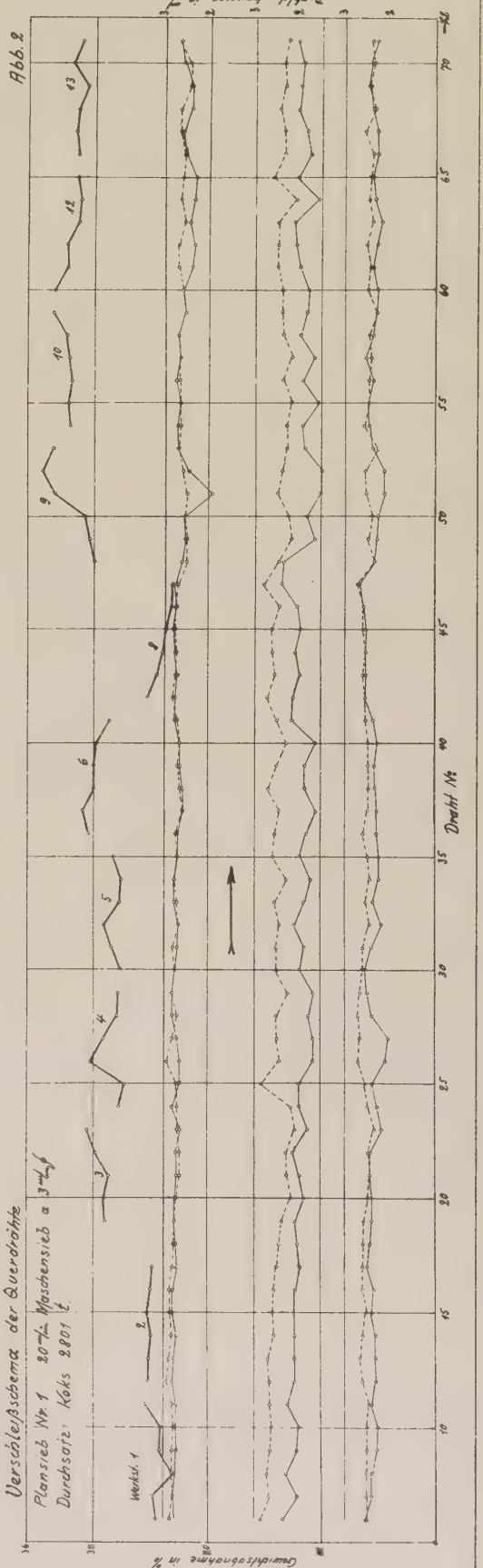


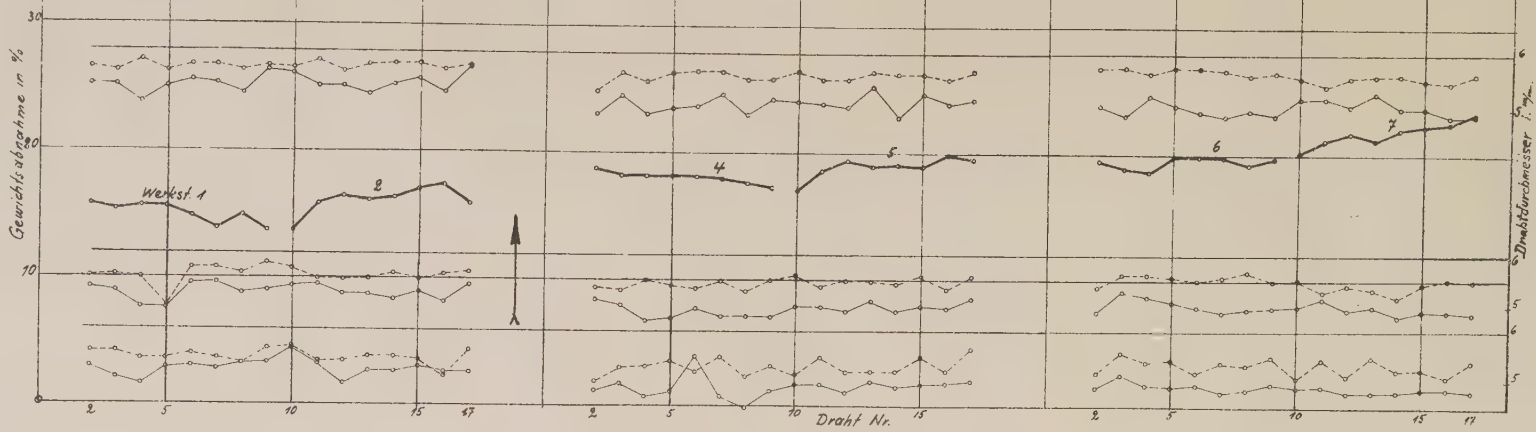
Abb. 2

Verschleißschema der Querdrähte
Plansieb Nr. 1 20 ᵐᵐ Maschensieb a 3 ᵐᵐ ⌀
Durchsatz: Koks 2801 t.



Verschleißschema d. Längsdrähte im Trommelsieb 40 m/m Maschensiebe a 6 m/m ϕ
Durchsatz: Koks 5685 t.

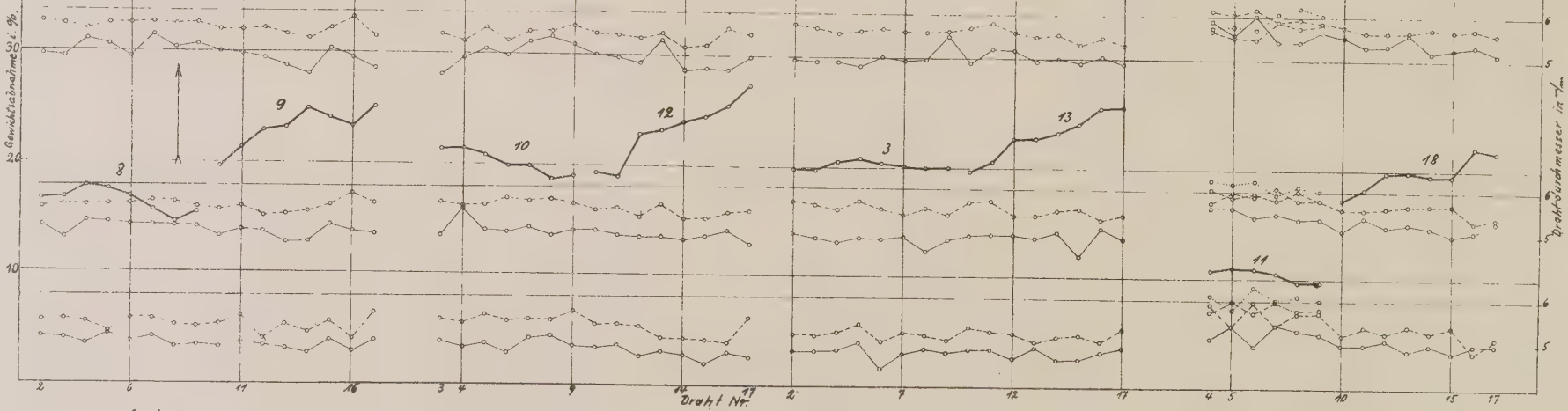
Abb. 4a



Sieb Nr. 7 Sieb Nr. 8 Sieb Nr 9

Verschleißschema d. Längsdrähte im Trommelsieb 40 m/m Maschensiebe a. 6 m/m ϕ
Durchsatz: Koks 5685 t.

Abb. 4b

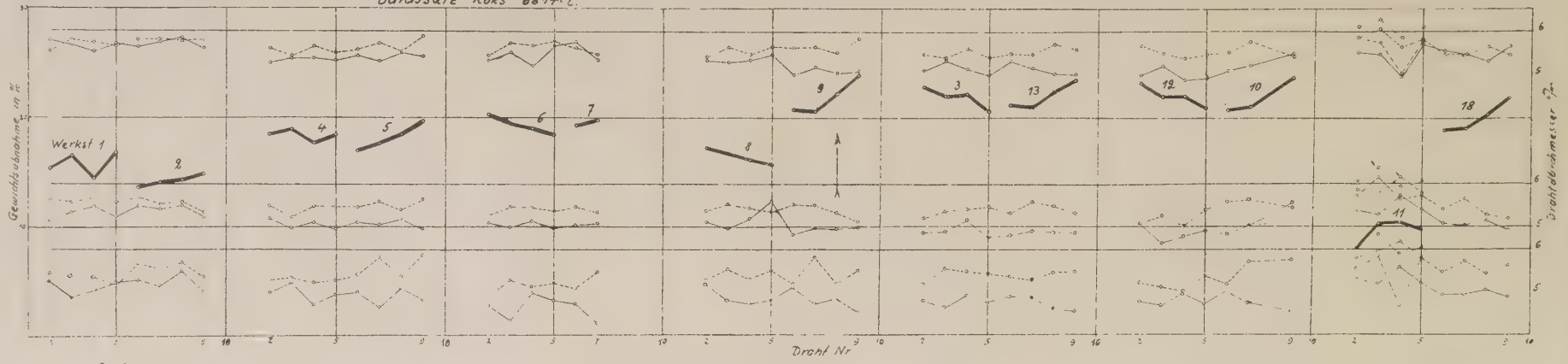


Sieb Nr. 10 Sieb Nr. 11 Sieb Nr. 12 Sieb Nr. 13.

Verschleißschema d. Längsdrähte im Trommelsieb. 60 mm Maschensiebe a. 6 mm ϕ

Durchsatz Koks 6814. t.

Abb. 5.



Sieb Nr. 14 | Sieb Nr. 15 | Sieb Nr. 16 | Sieb Nr. 17 | Sieb Nr. 18 | Sieb Nr. 19 | Sieb Nr. 20

Verschleißschema der Längsdrähte

im Trommelsieb 60 mm Maschensiebe a 6 mm ϕ

Durchsatz: Koks.

Abb. 6

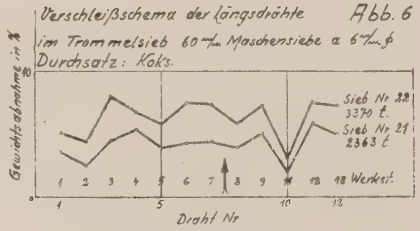
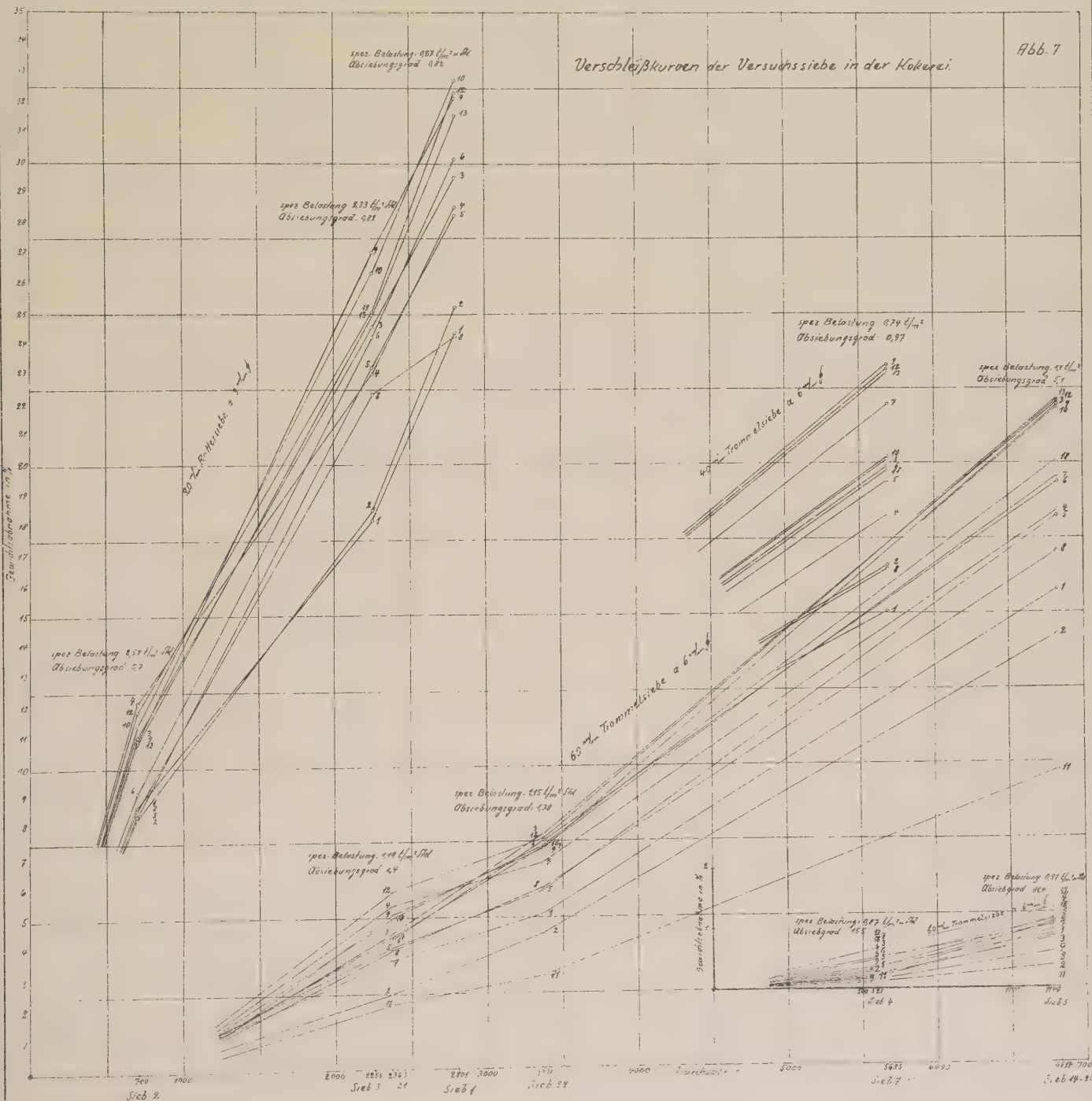
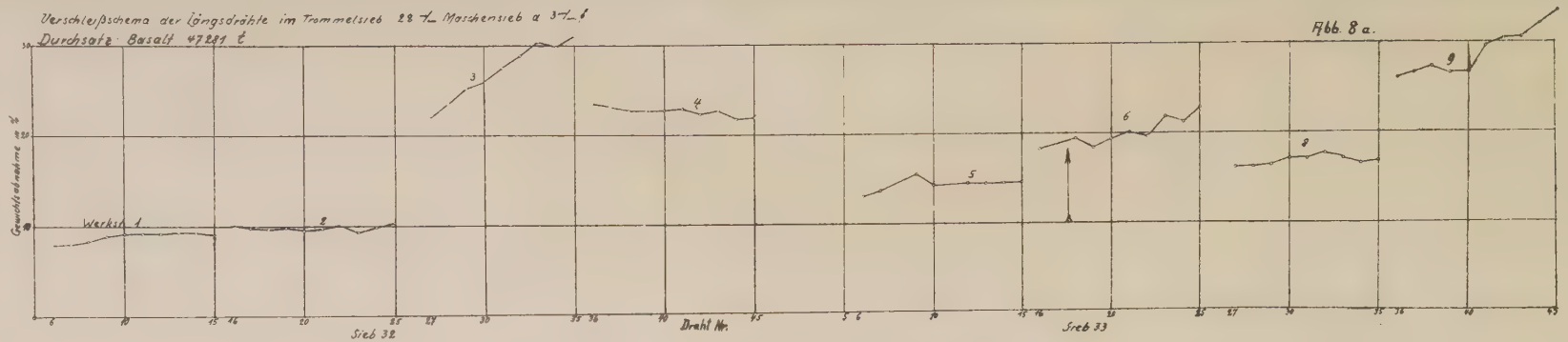


Abb. 7


Verschleißkurven der Versuchssiebe in der Kokerei.
spez. Belastung 0,87 t/m²·Std
Abriebungsgrad 0,82
spez Belastung 2,33 t/m²·Std
Abriebungsgrad 0,82
80 m/m Rattersiebe a 3 m/m
spez Belastung 2,57 t/m²·Std
Abriebungsgrad 2,7
spez Belastung 0,74 t/m²
Abriebungsgrad 0,97
40 m/m Trommelsiebe a 6 m/m
spez Belastung 1,1 t/m²
Abriebungsgrad 5,1
60 m/m Trommelsiebe a 6 m/m
spez Belastung 2,15 t/m²·Std
Abriebungsgrad 1,38
spez. Belastung 1,19 t/m²·Std
Abriebungsgrad 4,4
spez Belastung 0,77 t/m²·Std
Abriebgrad 1,6
spez Belastung 0,87 t/m²·Std
Abriebgrad 1,55
Gewichtsabnahme in %
Sieb 9
Sieb 3
Sieb 1
Sieb 2
Sieb 7
Sieb 4
Sieb 5
Sieb 10-20

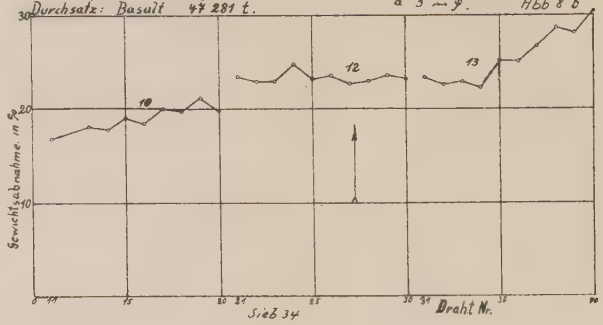
Verschleißschema der Längsdrähte im Trommelsieb 22 ℒ Maschensieb a 3 ℒ f
Durchsatz: Basalt 47281 t

Abb. 8 a.



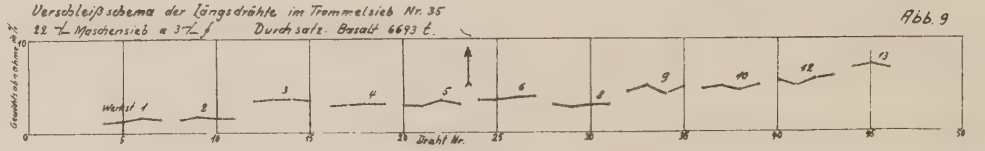
Verschleißschema d. Längsdrähte im Trommelsieb 22 ℒ Maschensieb a 3 mm ϕ.
Durchsatz: Basalt 47 281 t.

Abb 8 b



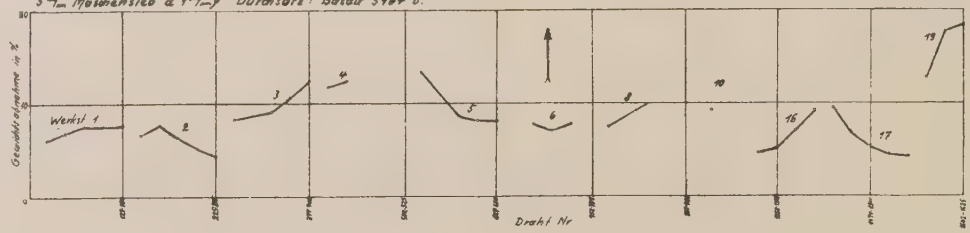
Verschleißschema der Längsdrähte im Trommelsieb Nr. 35
22 ℒ Maschensieb a 3 ℒ f Durchsatz: Basalt 6693 t.

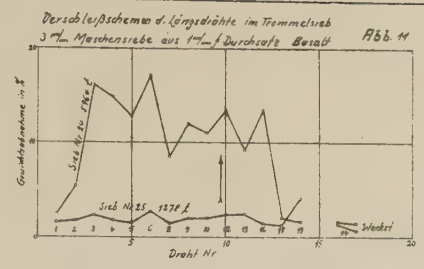
Abb. 9



Verschleißschema d. Längsdrähte im Trommelsieb Nr 23
3 mm Maschensieb a 1 mm ϕ Durchsatz: Basalt 5964 t.

Abb. 10




Verschleißschema d. Längsdrähte im Trommelsieb
3 mm Maschensiebe aus 1 mm ∅ Durchsatz Basalt
Abb. 11
Gewichtsabnahme in %
Sieb Nr 20 1780 t
Sieb Nr 25 1270 t
Werkst
Draht Nr

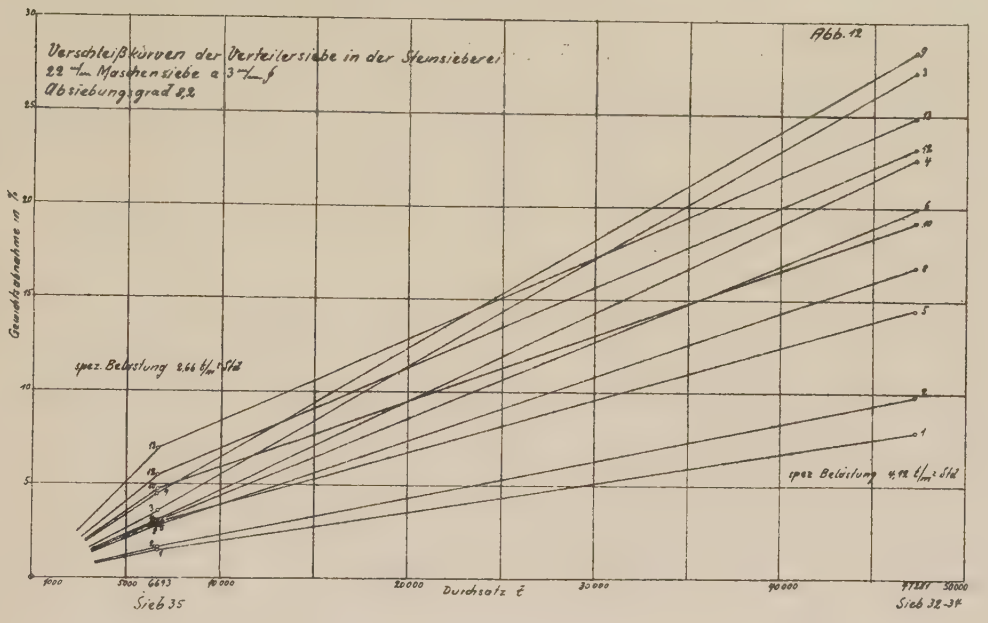


Abb. 12
Verschleißkurven der Verteilersiebe in der Steinsieberei
22 mm Maschensiebe a 3 mm ∅
Absiebungsgrad 82 %
Gewichtsabnahme in %
spez. Belastung 2,66 t/m² Std
spez Belastung 4,12 t/m² Std
Durchsatz t
Sieb 35
Sieb 32-34

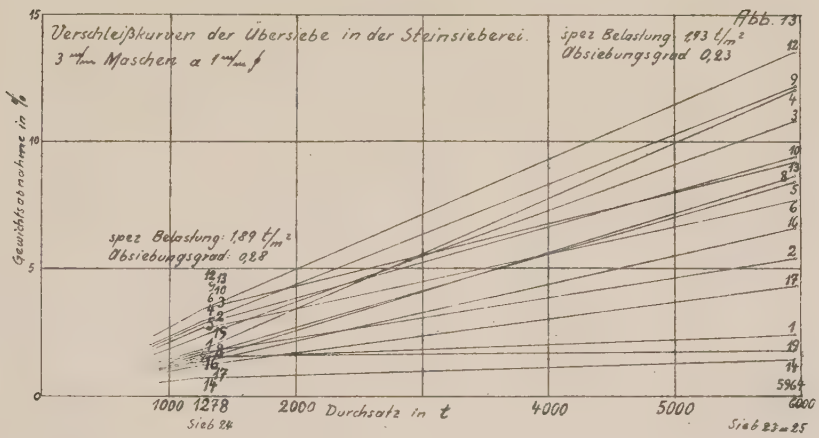


Abb. 13
Verschleißkurven der Übersiebe in der Steinsieberei.
3 mm Maschen a 1 mm ∅
spez Belastung: 1,89 t/m²
Absiebungsgrad: 0,28
spez Belastung: 2,93 t/m²
Absiebungsgrad 0,23
Gewichtsabnahme in %
Durchsatz in t
1000 1278
Sieb 24
Sieb 23-25

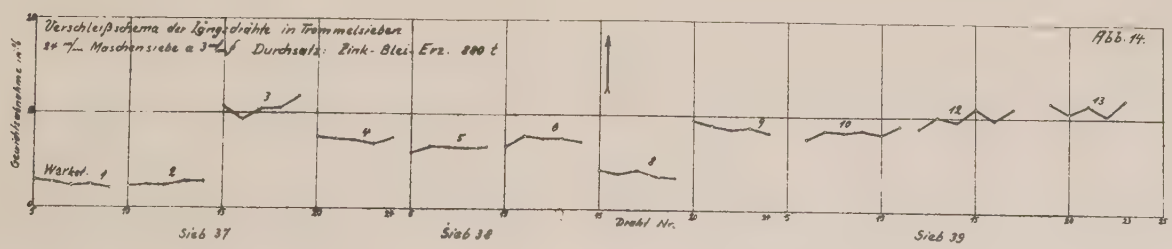
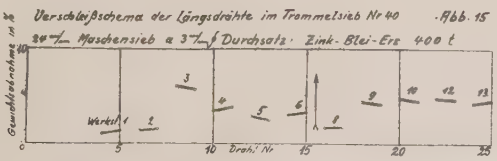
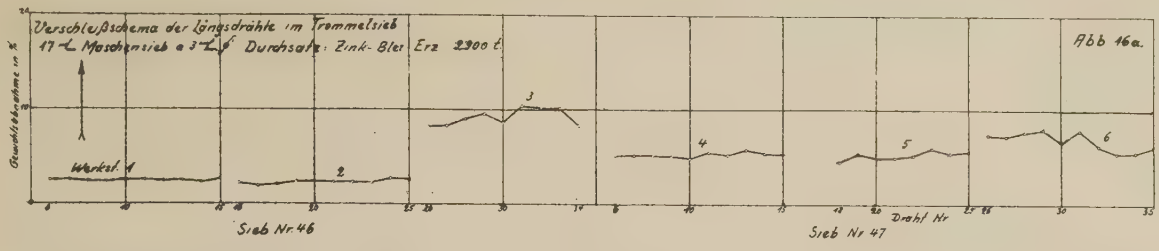
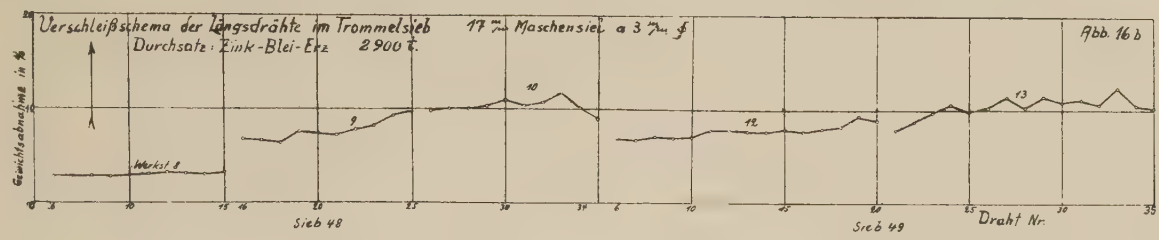
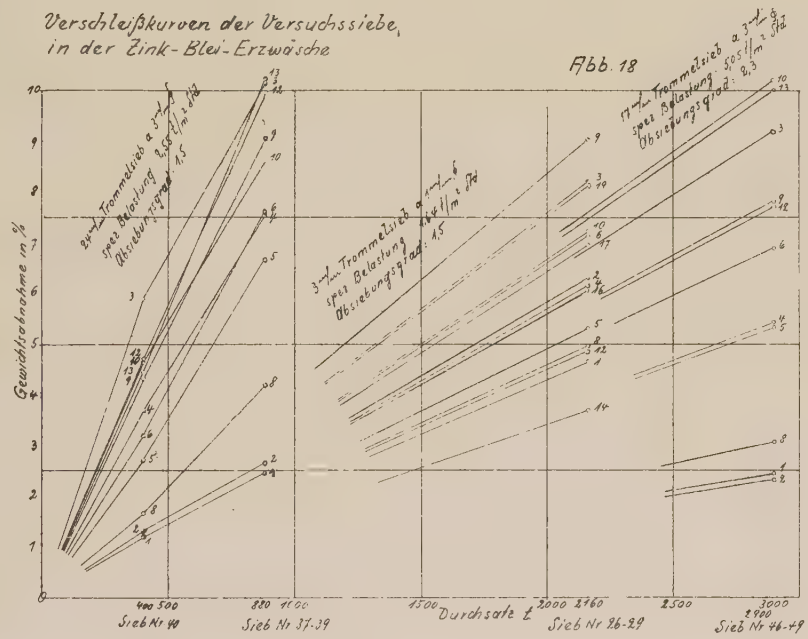


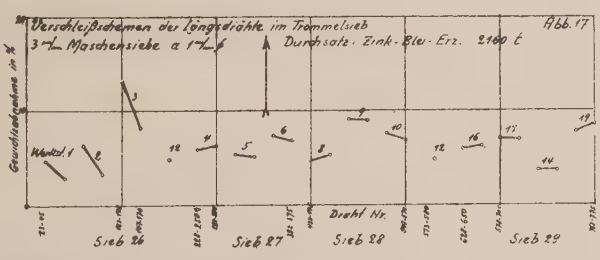
Abb. 14
Verschleißschema der Längsdrähte in Trommelsieben
24 mm Maschensiebe a 3 mm ∅ Durchsatz: Zink-Blei-Erz 800 t
Gewichtsabnahme in %
Werkst.
Draht Nr.
Sieb 37
Sieb 38
Sieb 39

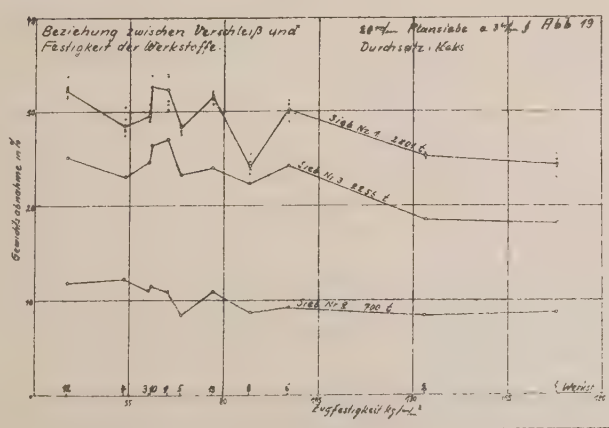

Verschleißschema der Längsdrähte im Trommelsieb Nr 40
Abb. 15
24 mm Maschensieb a 3 mm ∅ Durchsatz: Zink-Blei-Erz 400 t
Gewichtsabnahme in %
Werkst
Draht Nr

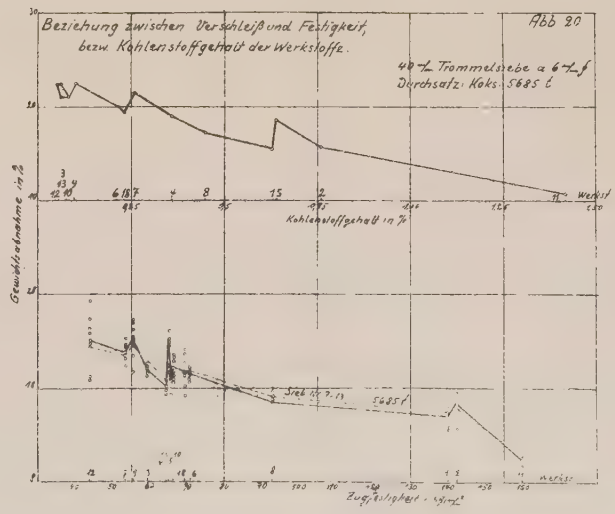

Verschleißschema der Längsdrähte im Trommelsieb
17 m/m Maschensieb a 3 m/m ⌀ Durchsatz: Zink-Blei Erz 2900 t
Abb 16a.
Gewichtsabnahme in %
Werkst. 1
2
3
4
5
6
Sieb Nr 46
Sieb Nr 47
Draht Nr


Verschleißschema der Längsdrähte im Trommelsieb 17 m/m Maschensieb a 3 m/m ⌀
Durchsatz: Zink-Blei-Erz 2900 t.
Abb. 16 b
Gewichtsabnahme in %
Werkst. 8
9
10
12
13
Sieb 48
Sieb 49
Draht Nr.


Verschleißkurven der Versuchssiebe
in der Zink-Blei-Erzwäsche
Abb. 18
Gewichtsabnahme in %
2 m/m Trommelsieb a 3 m/m ⌀ spez. Belastung 8,58 t/m² Std Abstreuungsgrad: 1,5
3 m/m Trommelsieb a 3 m/m ⌀ spez. Belastung 4,4 t/m² Std Abstreuungsgrad: 1,5
17 m/m Trommelsieb a 3 m/m ⌀ spez. Belastung 5,05 t/m² Std Abstreuungsgrad: 2,3
Durchsatz t
Sieb Nr 40
Sieb Nr 37-39
Sieb Nr 26-29
Sieb Nr 46-49

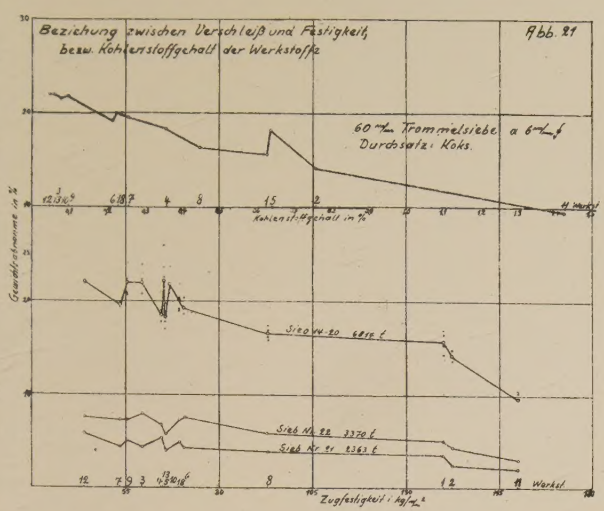

Verschleißschemen der Längsdrähte im Trommelsieb
3 m/m Maschensiebe a 1 m/m ⌀
Durchsatz: Zink-Blei-Erz. 2100 t
Abb. 17
Gewichtsabnahme in %
Werkst. 1
Draht Nr.
Sieb 26
Sieb 27
Sieb 28
Sieb 29


Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit der Werkstoffe.
20 m/m Flansiebe a 3 m/m ⌀
Durchsatz: Koks
Abb 19
Gewichtsabnahme in %
Sieb Nr. 1 2100 t
Sieb Nr. 3 8850 t
Sieb Nr. 8 700 t
Werkst.
Zugfestigkeit kg/m²


Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit, bezw. Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe.
Abb 20
40 m/m Trommelsiebe a 6 m/m ⌀
Durchsatz: Koks 5685 t
Gewichtsabnahme in %
Kohlenstoffgehalt in %
Werkst.
Sieb Nr. 7-13 5685 t
Zugfestigkeit kg/m²

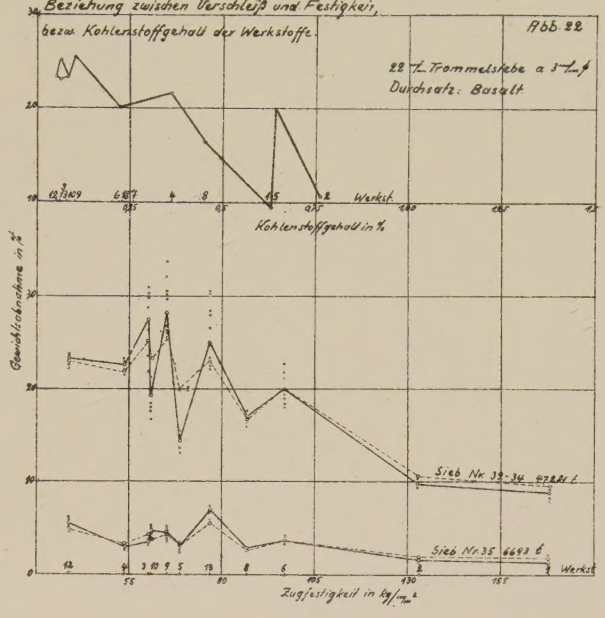
Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit, bezw. Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe. Abb. 21

60 m/m Trommelsiebe a 6 m/m ∅
Durchsatz: Koks.



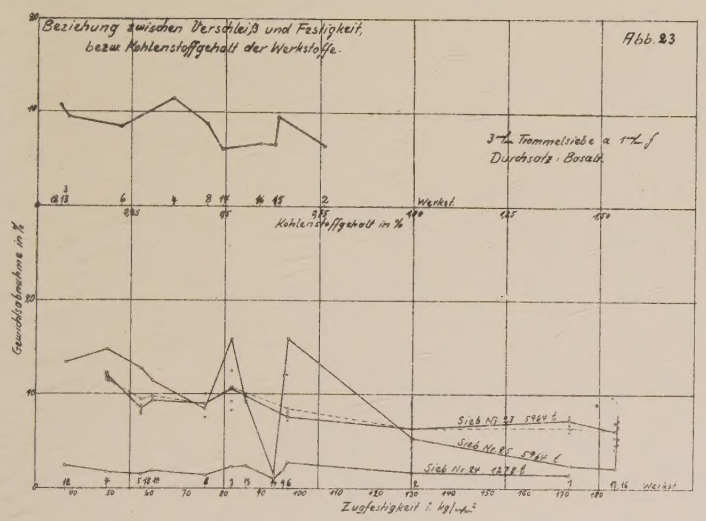
Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit, bezw. Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe. Abb. 22

22 m/m Trommelsiebe a 3 m/m ∅
Durchsatz: Basalt



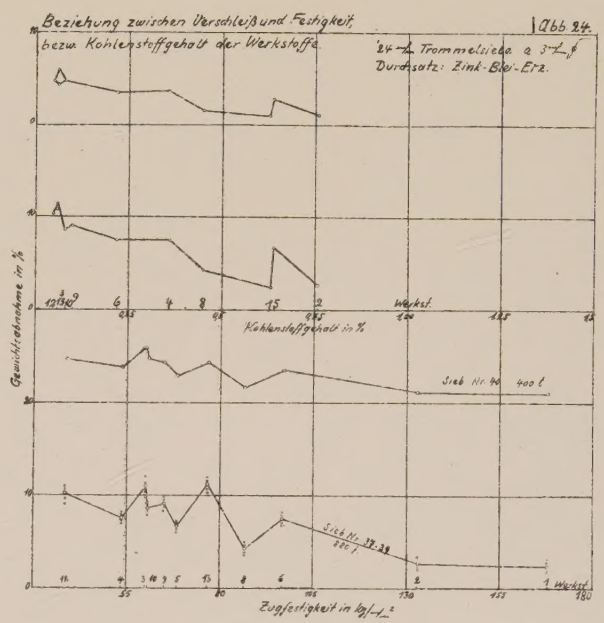
Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit, bezw. Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe. Abb. 23

3 m/m Trommelsiebe a 1 m/m ∅
Durchsatz: Basalt



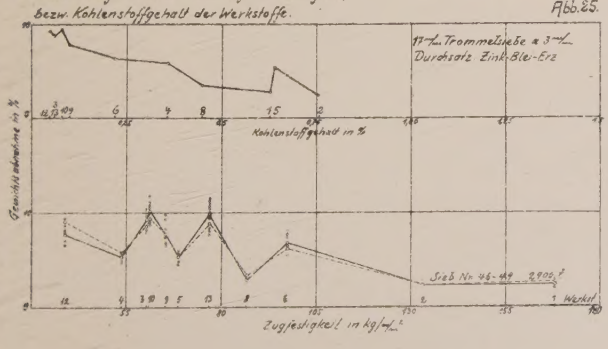
Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit, bezw. Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe. Abb. 24

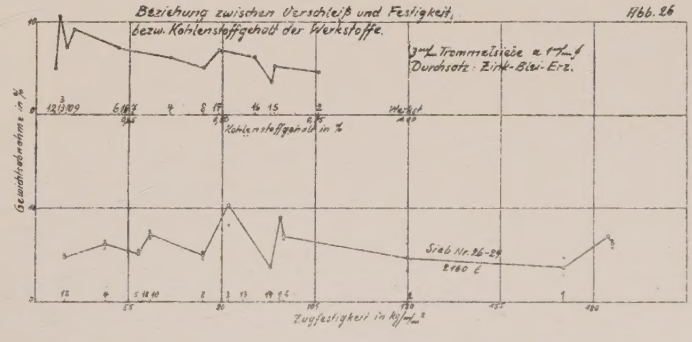
24 m/m Trommelsiebe a 3 m/m ∅
Durchsatz: Zink-Blei-Erz.



Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit, bezw. Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe. Abb. 25.

17 m/m Trommelsiebe a 3 m/m
Durchsatz Zink-Blei-Erz



Beziehung zwischen Verschleiß und Festigkeit, bezw. Kohlenstoffgehalt der Werkstoffe. Abb. 26

3 m/m Trommelsiebe a 1 m/m ∅
Durchsatz: Zink-Blei-Erz.